

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕПАРТАМЕНТ ОСВІТИ І НАУКИ
ХАРЬКІВСЬКОЇ ОБЛАСНОЇ ДЕРЖАДМІНІСТРАЦІЇ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ФІЗИКИ ТА ЇХ ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Матеріали
XIX регіональної наукової студентської конференції
(17 - 18 квітня 2019 року)

2019

УДК 53.02

А 43

Організаційний комітет:

А.П. Марченко, д.т.н., проф., проректор НТУ «ХПІ» (голова);
О.О. Ларін, д.т.н., директор навч.-наук. ІФ інституту НТУ «ХПІ» (співголова);
О.А. Любченко, к.ф.-м.н., проф., зав. кафедри фізики НТУ «ХПІ» (співголова);
І.В. Синельник, к.пед.н., проф. (керівник секції інформаційного забезпечення навчального процесу та фізичних досліджень);
С.Д. Гапоченко, к.ф.-м.н., доц. (керівник секції історії фізики);
Т.М. Шелест, к.ф.-м.н., доц. (керівник інженерної секції);
О.М. Андрєєв, к.ф.-м.н., доц. (керівник науково-дослідної секції);
О.С. Водоріз, к.ф.-м.н., ст. викл. (керівник навчально-методичної секції);
О.М. Андрєєва, к.ф.-м.н., доц. (вч. секретар);
Н.І. Уварова, інж. (тех. секретар).

Друкується за рішенням вченої ради НТУ «ХПІ», протокол № 4 від 29.03.2019р.

А43 **Актуальні проблеми фізики та їх інформаційне забезпечення: матеріали ХІХ регіон. наук. студ. конф. (17-18 квітня 2019 року) / оргкомітет: А.П. Марченко (голова) [та ін.]. – Харків: НТУ «ХПІ», 2019-160 с.**

У збірнику розглядаються питання, пов'язані з актуальними проблемами фізики у минулому, сучасному та майбутньому.

УДК 53.02

ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ

РОЗВИТОК АРТИЛЕРІЙСЬКОЇ ТЕХНІКИ ПОЦІЛЮВАННЯ: ВІД ДАВНИНИ ДО НАШИХ ДНІВ..... 12

Уч. Д.Д. Літвинова, Кер. О.А Сендеров

Харківська спеціалізована школа І–ІІІ ступенів № 166

Харківської міської ради Харківської області

АНАЛІТИЧНЕ ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕННЯ ВАРІАЦІЙ ГЕОМАГНІТНОГО ПОЛЯ, ЩО ВИНИКЛИ ПІДЧАС НАДПОТУЖНОЇ МАГНІТНОЇ БУРІ 7 – 8 ВЕРЕСНЯ 2017 Р. 18

Ст. К.А. Русанова, Кер. О.В. Лазоренко

Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна

КОЛЬОРИ В МИСТЕЦТВІ ТА НАУЦІ 22

Ст.: Т.М. Шабрамова¹, Ф. Бахшівє², Кер.: О.М. Андреева², О.М. Андреев²

¹Харківське художнє училище

²Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

ЖИТТЯ НА МАРСІ БУДЕ ? 26

Ст.: О.О. Сушильников, Е.В. Дьомін, Кер. О.В. Семенов

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

СТРУКТУРНІ ФАЗОВІ ПЕРЕХОДИ В ОРГАНІЧНИХ КРИСТАЛАХ 30

Ст. Є.М. Троцький¹, Кер.: В.О. Ликах², Є.С. Сиркін³

¹Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна

² Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

³ ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України

НАУКОВО-ДОСЛІДНА СЕКЦІЯ

ВИЗНАЧЕННЯ МАГНІТНОГО ПОЛЯ В МІЖЗОРЯНОМУ ПРОСТОРІ ЗА ДОПОМОГОЮ МАГНІТООПТИЧНИХ ЕФЕКТІВ 34

Ст. О.В. Морозова, Кер. О.М. Савченко

Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна

МОДИФІКУВАННЯ ВІДПАЛЮВАННЯМ СТРУКТУРНИХ І ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МОНОКРИСТАЛІВ $\text{HoBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ З ДЕФІЦИТОМ КИСНЮ	35
<i>Ст. Л.А. Котвицька¹, Кер.: Р.В. Вовк¹, С.М. Камчатна²</i>	
<i>¹Харківський національний університет ім.В.Н.Каразіна</i>	
<i>²Український державний університет залізничного транспорту</i>	

ОЦІНКА ТЕПЛОВИХ ВТРАТ БУДІВЕЛЬ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ТЕПЛОВІЗІОННОГО АУДИТУ	36
<i>Ст. А.М. Грішаєва, Кер. С.М. Мешков</i>	
<i>Харківський національний університет радіоелектроніки</i>	

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ТЕПЛОВИДІЛЕННЯ ІНДУКЦІЙНОГО НАГРІВАЧА ВІД РОБОЧОЇ ЧАСТОТИ.....	40
<i>Ст.: Д.В. Мілько, О.В. Чернишенко, Кер. Р.П. Орел</i>	
<i>Харківський національний університет радіоелектроніки</i>	

RFID-ТЕХНОЛОГІЇ. ЗАСТОСУВАННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ	43
<i>Ст. С.В. Вишванюк, Кер. Р.П. Орел</i>	
<i>Харківський національний університет радіоелектроніки</i>	

ФІЛЬТРАЦІЯ ЗАВАД У ТЕПЛОВІЙ ДЕФЕКТОСКОПІЇ ПРИ ЗДІЙСНЕННІ КОНТРОЛЮ ГАЗОПРОВІДІВ.....	46
<i>Ст. Д.І. Куликов, Кер. О.В. Мякий</i>	
<i>Харківський національний університет радіоелектроніки</i>	

ФІЛЬТРАЦІЯ ЗАВАД ВИКЛИКАНИХ НЕОДНОРІДНІСТЮ РЕГУЛЯРНОЇ СТРУКТУРИ В ТЕПЛОВОМУ НЕРУЙНІВНОМУ КОНТРОЛІ	48
<i>Ст. О.Ю. Лучанінова, Кер. О.В. Мякий</i>	
<i>Харківський національний університет радіоелектроніки</i>	

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМОГРАФІЧНИМИ ЗАСОБАМИ ВЕЛИЧИНИ ЗМЕНШЕННЯ ПРОХІДНОСТІ У ТРУБОПРОВОДАХ	50
<i>Ст. В.А. Веснянка, Кер. О.В. Мякий</i>	
<i>Харківський національний університет радіоелектроніки</i>	

ЕЛЕКТРОННО-МІКРОСКОПІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ, ОТРИМАНИХ ВАКУУМНО-ДУГОВИМ МЕТОДОМ.....	52
<i>Ст. К.О. Тарасенко, Кер.: А.В. Таран, О.Г. Багмут</i>	
<i>Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»</i>	

ВПЛИВ ЕЛЕКТРОННОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА СТРУКТУРУ ТА ОПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ШАРІВ СУЛЬФІДУ КАДМІЮ.....	55
<i>Ст. Д.С. Шкода, Кер.: А.І. Доброжан, Г.І. Копач</i>	
<i>Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»</i>	

МЕТАЛЕВЕ СКЛО	57
<i>Ст.: Ю.О. Варфоломеева, А.А. Гнатюк, Кер.: Д.Б. Глушкова, Н.Л. Дьяконенко¹</i>	
<i>Харківський національний автомобільно-дорожній університет</i>	
<i>¹ Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»</i>	

ПРИКЛАДИ СИСТЕМ З РЕЛАКСАЦІЙНИМИ КОЛИВАННЯМИ ТА ЇХ ЗОБРАЖЕННЯ НА ФАЗОВІЙ ПЛОЩИНІ	59
<i>Ст. Д.А. Долгополова ¹, Кер.: В.О. Ликах², Є.С. Сиркін³</i>	
<i>¹Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна</i>	
<i>² Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»</i>	
<i>³ ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України</i>	

АНАЛІЗ ЗОБРАЖЕНЬ В ГРАВІТАЦІЙНІЙ ЛІНЗІ АНАЛІТИЧНИМИ ЗАСОБАМИ.....	61
<i>Ст.: Л.А. Котвицька¹, Є.С. Бронза²</i>	
<i>¹Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна</i>	
<i>² Харківський національний університет радіоелектроніки</i>	

І Н Ж Е Н Е Р Н А С Е К Ц І Я

ФІЗИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАФІЇ.....	64
<i>Ст. Д.В. Пікалов, Кер. Г.О. Човпан</i>	
<i>Харківський національний медичний університет</i>	

ВИЗНАЧЕННЯ КРИТЕРІЇВ ВІДБРАКОВУВАННЯ МАШИННОЇ ОЛИВИ З ДИСПЕРСНИМ ФЕРОМАГНІТНИМ ПОРОШКОМ.....	67
<i>Ст. К.В. Себко, Кер. Т.Н. Шелест Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»</i>	
ФІЗИКА ЯК ЧАСТИНА МУЗИЧНОГО МИСТЕЦТВА.....	70
<i>Ст. К.Ю. Кузьміна, Кер.: Н.Б. Фат'янова, І.В. Галушак Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»</i>	
ФІЗИКА І СПОРТ	72
<i>Ст. Є.Я. Івер, Кер.: Н.Б. Фат'янова, І.В. Галушак Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ РАДІОАКТИВНОСТІ В СМТ. СЛОБОЖАНСЬКЕ	74
<i>Ст.: М.О. Вишняков, С.О. Федоренко, Кер.: Т.М. Шелест, С.С. Кривоніс Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ МАРСА	76
<i>Ст. О.Р. Шлапак, Кер. Т.М. Шелест Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»</i>	
РІДКІ КРИСТАЛИ	78
<i>Ст.: М.М. Олійник, Є.Д. Мелихов, Кер.: Т.М. Шелест, О.Б. Алмазова Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»</i>	
ФІЗИКА У ФУТБОЛІ.....	80
<i>Ст. Р. Мятлик, Кер.: Т.І. Храмова, С.С. Кривоніс Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»</i>	
УСТАНОВКИ СОНЯЧНОГО ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ.....	81
<i>Ст. В.А. Стасов, Кер.: Т.І. Храмова, С.С. Кривоніс Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»</i>	
ЗАСТОСУВАННЯ ВОЛОКОННОЇ ОПТИКИ В МЕДИЦИНІ (ЕНДОСКОПІ)	82
<i>Ст. П.М. Фесенко, Кер.: Н.Б. Фат'янова, К.О. Мінакова Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»</i>	

НАВЧАЛОНО-МЕТОДИЧНА СЕКЦІЯ

ВИЗНАЧЕННЯ ПОПЕРЕЧНОГО РОЗПОДІЛУ ІНТЕНСИВНОСТІ СВІТЛА В ОПТИЧНИХ СИСТЕМАХ 86

Ст. В.В. Денищенко, Кер.: О.М. Андреев, О.М. Андреева

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

РЕЄСТРАЦІЯ СИГНАЛІВ РІЗНОЇ ФІЗИЧНОЇ ПРИРОДИ В ЛАБОРАТОРНОМУ ПРАКТИКУМІ 88

Ст. О.В. Погорілий, Кер.: О.М. Андреев, О.М. Андреева

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

ДВИГУН СТРІЛІНГА 91

Ст. М.Р. Ключка, Кер.: Т.Н. Шелест, С.С. Кривоніс, В.М. Зорянський¹

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

¹ ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України

ПОДВІЙНИЙ КОНУС..... 94

Ст. М.Є. Тимощенко, Кер. С.С. Кривоніс

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

ПРИРОДА БЛИСКАВКИ..... 95

Ст.: Д.С. Белокурова, О.П. Красильникова, Кер.: С.С. Кривоніс, Т.І. Храмова

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

ПРО ДЕЯКІ ПРОЯВИ ІСКРОВОГО РОЗРЯДУ 96

Ст. А.В. Зелінська, Кер.: Н.Б. Фатянова, І.В. Галушак

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

ДИФРАКЦІЯ У КОСИХ ПРОМІНЯХ 98

Ст.: К.Ю. Андрієнко, Д.А. Тишаков, Кер.: І.В. Галушак, Ю.В. Меньшов

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК КВАНТОВОМЕХАНІЧНИХ ВИСНОВКІВ З ФОРМУВАННЯМ ЧОРНИХ ДІР 100

Ст. К.В. Муха, Кер.: І.В. Галушак, Ю.В. Меньшов

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

КУЛЬОВА БЛИСКАВКА 102

Ст. Ю.І. Кот, Кер. І.В. Галушак

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

**ДИНАМІЧНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ ЗІ СВІЧКОЮ
НА ПОВЕРХНІ ВОДИ 105**

Ст. Т.Д. Дикіна, Кер.: І.В. Галушак, Ю.В. Меньшов

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

РЕАКТИВНИЙ РУХ 106

Ст.: Т.О. Карімов, А.О. Міщанов, Кер. В.І. Білозерцева

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

**ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ
МЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ ІЗ ЗМІННОЮ МАСОЮ
ШЛЯХОМ ЕКСПЕРИМЕНТУВАННЯ ЗІ СТВОРЕНОЮ
МОДЕЛЛЮ КОНЦЕНТРАТОРА - ДОЗАТОРА РІДИН..... 109**

Уч. Ф.В. Андрєєв, Кер. Е.В. Тихенко

Харківський технологічний ліцей №9

¹Міжнародна дитяча фізична лабораторія НТУ «ХПІ»

**СЕКЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОГО
ПРОЦЕСУ ТА ФІЗИЧНИХ
ДОСЛІДЖЕНЬ**

**МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ НАУКОВО - ДОСЛІДНИЦЬКОЇ
РОБОТИ СЕРЕД УЧНІВ..... 112**

Уч. Д.С. Пирог, Кер.: О.В. Назарова, О.В. Сендеров

Харківська загальноосвітня школа І–ІІІ ступенів № 158

Харківської міської ради Харківської області

**СТВОРЕННЯ ПРИСТРОЮ ДИСТАНЦІЙНОГО
ЗЧИТУВАННЯ ПОКАЗАНЬ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО
ЛІЧИЛЬНИКА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ 115**

Уч. К.В. Бурлаєнко, Кер.: В.Д. Лавров, О.Б. Алмазова¹

Харківська спеціалізована школа І-ІІІ ступенів № 17

Харківської міської ради Харківської області

¹Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

**НИЗЬКОІНТЕНСИВНЕ ОПТИЧНЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ,
ПРИСТРОЇ ДЛЯ ЕКСТРАКОРПОРАЛЬНОГО ОПТИЧНОГО
ОПРОМІНЕННЯ НА БАЗІ СВІТЛОДІОДІВ 120**

Ст.: І.В. Шарабарін, Б.В. Козлов, Кер. О.Б. Алмазова

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

**ВИМІРЮВАННЯ ОПТИЧНОЇ ТОВЩИНИ ПЛІВОК
ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ КОМП'ЮТЕРНОГО
МОДЕЛЮВАННЯ НА ІНТЕРФЕРОМЕТРИ ЛІННІКА..... 124**

Ст. М.О. Сіробаба, Кер.: Н.Л. Дьяконенко, О.П. Овчаренко¹

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

¹Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна

**ПРОРИВ ДЕШИФРУВАЛЬНИКІВ ТОДІ - МОЖЛИВІСТЬ
ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРІВ СЬОГОДНІ..... 126**

Ст.: Д.С. Ковалевська, В.О. Кутишенко, Д.В. Левіна, Кер. Т.М. Шелест

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

ТЕМНА МАТЕРІЯ 129

Ст.: Д.М. Павлов, І.О. Подгайський, Кер.: Н.Б. Фатянова, І.В. Галушак

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

ТЕОРІЯ ВСЬОГО..... 132

Ст. Д.С. Заратуйченко, Кер.: Н.Б. Фатянова, Ю.В. Меньшов

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

**ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ MS POWER POINT
ДЛЯ СТВОРЕННЯ АНІМАЦІЙЦІ ФІЗИЧНИХ ЯВИЩ ТА
ПРОЦЕСІВ 135**

Ст. І.В. Ісаїнков, Кер. І.В. Синельник

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

**ВИВЧЕННЯ ФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МУЗИЧНИХ
АКУСТИЧНИХ СИСТЕМ 136**

Ст. Я.В. Меркулов, Кер. І.В. Синельник

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

СЕКЦІЯ ІСТОРІЇ ФІЗИКИ

ІЗ ІСТОРІЇ КАФЕДРИ ФІЗИКИ НТУ «ХП»:

ПРОФ. М.І. САХАРОВ 138

Ст. Є. Кушніровський, Кер.: С.Д. Гапченко, С.С. Ткаченко

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

СЛАВЕТНІ ІМЕНА: ОЛЕКСАНДР СМАКУЛА 140

Ст. В. Пірог, Кер. С.Д. Гапченко

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

НІЛЬС БОР - ФІЗИК І ФІЛОСОФ 142

Ст. І.О. Гудзоватий, Кер. Л.Г. Петренко

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

ЕЛЕКТРОНІКА: ВІД ЛАМП ДО НАНОСТРУКТУР..... 145

Ст.: В.В. Денищенко, О.В. Погорілий, Кер. Ю.І. Под'ячий

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

МАГНІТНЕ ПОЛЕ ЗЕМЛІ 148

Ст.: К.І. Толочко, Д.І. Толочко, Кер. Т.М. Шелест

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

ЛІЗА МАЙТНЕР – МАТИ АТОМНОЇ БОМБИ 150

Ст. А.Д. Пахомова, Кер. С.С. Авотін

Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва

ЕФЕКТ ДЖАНІБЕКОВА ТА КИТАЙСЬКА ДЗИґА 153

Ст. О.О. Компанєєць, Кер. С.С. Авотін

Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва

ФІЗИКА НА КУХНІ. ФРАНЦУЗЬКИЙ ПАРАДОКС 156

Ст. А.М. Рєвякін, Кер. С.С. Авотін

Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва

ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ



РОЗВИТОК АРТИЛЕРІЙСЬКОЇ ТЕХНІКИ ПОЦІЛЮВАННЯ: ВІД ДАВНИНИ ДО НАШИХ ДНІВ

Уч. Д.Д. Літвинова

Кер. О.А Сендеров

Харківська спеціалізована школа І–ІІІ ступенів № 166

Харківської міської ради Харківської області

Вступ

З часів перших людських конфліктів виникали спроби застосування наукових методів для досягнення перемоги в тому чи іншому конфлікті.

Спроби застосування математики у військовій справі виявляються в далекій давнині. У військово-теоретичних працях Ксенофонта, Архімеда (Греція), Полібія, Вегепія (Рим), Сунь-цзи (Китай) зустрічаються елементи кількісного підходу до аналізу деяких питань військової справи.

Ще Аристотель намагався зрозуміти траєкторію польоту кинутого тіла (рис.1). Як бачимо, за Аристотелем, ця траєкторія складається з двох прямолінійних сегментів. Перший з них являє насильницьке

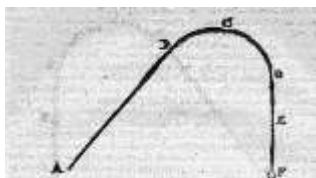


Рис.1. Траєкторія польоту снаряду Аристотелем.

рух випущеного з гармати снаряду, а другий - природний рух вниз, відповідно до доктрини Аристотеля про природний рух важких фізичних тіл до центру Землі. Поєднує їх сегмент криволінійного руху.

Значний внесок у розвиток математики вніс старогрецький вчений Архімед (близько 287 - 212 до нашої ери), у якого знання механіки, фізики, військової справи поєднувалися з застосуванні математики для вирішення практичних завдань: металеві машини (рис.2), машини, які перевертають кораблі і т.д. Він вперше згадає про параболоїд в своєму трактаті "Про коноїд і сфероїдах". Надалі його роботу розвинув учень Аполоній Пергський в роботі «Коники» з коментарями Гипатія Олександрійської.

Застосування математики в балістиці вперше викладено в книгах італійця Н. Тарталья «Нова наука» (1537), «Питання і відкриття, які стосуються артилерійської стрільби» (1546). Але ще в XVI столітті

Ніколо Тарталья (в 1537 році) припустив, що траєкторія кинутого тіла "не має ніякої частини, яка була б абсолютно прямим відрізком". В наслідок Галілей розвинув цю гіпотезу і припустив що: тіло, кинуте під кутом до горизонту, рухається по параболі.

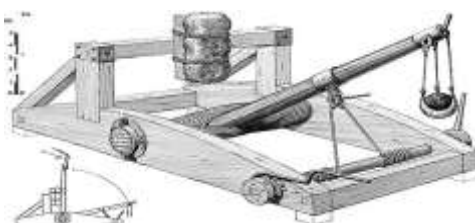


Рис.2. Перше артилерійське озброєння – Древньо-римська катапульта («ОНАГР»).

Ніколо Тарталья винайшов квадрант (рис. 3) і першим спробував обчислити траєкторію снаряда, а також визначити кут ствола гармати до горизонту для максимальної відстані польоту снаряда ($\angle \alpha = 45^\circ$).

Однак практика прицілювання була розвинена слабо, артилеристи-практики використовували в основному надійний практичний прийом «вилка», який дозволяв надійно потрапляти в ціль з третьої (або більше) спроби.

Алгоритм розрахунку траєкторії польоту снаряду.

Ці задачі мають велику історію, починаючи з дослідів Ніколо Тарталья та Галілео Галілея. «Ballo» - лат. - кидаю. Засновник науки «Балістики».

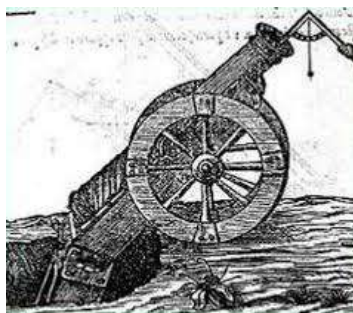


Рис. 3 Установка позиції озброєння під кутом ствола до горизонту $\alpha = 45^\circ$ за допомогою квадранта Н.Тарталі.

Галілео Галілей поклав в її основу дослідження параболи. При цьому швидкість тіла, яке рухається під кутом α до горизонту (V_0), розкладається на дві складові частини: горизонтальну (V_{0x}) і вертикальну (V_{0y}). При цьому, на тіло діє поле земного тяжіння з прискоренням $g=9,8 \text{ м/сек}^2$ – (див. рис.4.).

Розрахунки показують, що з урахуванням сили земного тяжіння, тіло рухається по параболі в вертикальній площині, спочатку угору

рівноуповільнено до точки максимуму, а потім вниз рівноприскорено до зустрічі з землею.

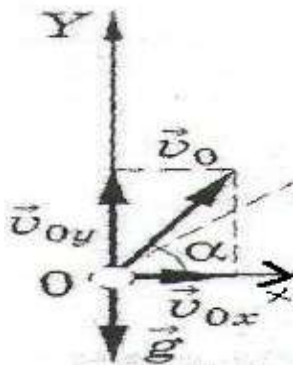


Рис. 4. Розкладення сил, діючих на тіло в польоті.

Наявність у параболі екстремальної точки, а також точки фокусу сприяє прагненню використати саму параболу в якості математичної моделі для багатьох прикладних технічних і природних процесів. Але параболу – це є ідеалізоване допущення, бо в реальних умовах під час польоту на тіло діють перешкоди, такі як вітер, дощ, сніг, та інші. Тому дійсна траєкторія польоту тіла буде в реальних умовах дещо відрізнятися від ідеальної математичної параболу (див. рис.2). Тому природно, що виникла так звана «артилерійська задача».

Ця задача має велику історію, починаючи з дослідів Галілео Галілея. В своєму сучасному вигляді ця задача має такий вираз: «Знайти оптимальний кут нахилу ствола артилерійської гармати до горизонту, так щоб влучити в ціль на відомій відстані». Математична постановка (в межах шкільної програми) слідує:

Визначити кут нахилу ствола гармати, при відомій відстані до цілі по формулам: $S = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g}$; максимум $S_{\max} = \frac{V_0^2}{g}$, при $\sin 2\alpha = 1$.

Тоді при даній відстані до цілі (S_0) будемо мати кут нахилу ствола гармати рівним:

$$\alpha = 0.5 \cdot \arcsin \left(\frac{S_0 g}{V_0^2} \right).$$

Думка Н.Тарталья і гіпотеза Галілея слідує: при відсутності опору повітря ядро, випущене з гармати зі швидкістю v_0 під кутом α до горизонту, рухається по параболі, гілки якої спрямовані вниз:

$$y = \operatorname{tg} \alpha \cdot x - \frac{g}{2V_0^2 \cos^2 \alpha} \cdot x^2,$$

де g — прискорення вільного падіння.

Ордината точки падіння ядра $y_0 = 0$, тоді абсциса цієї точки, тобто відстань:

$$x_0 = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g}.$$

Ця величина досягає максимального значення при $\sin 2\alpha = 1$, або $2\alpha = 90^\circ$, $\alpha = 45^\circ$ (рис. 5). Значить, результат, отриманий Ніколо Тарталья експериментально, правильний.

Додамо, що $\sin 2\alpha = \sin(180^\circ - 2\alpha) = \sin 2(90^\circ - \alpha)$.

Це означає, що два ядра, випущені з гармати під кутами, які доповнюють один одного до 90° , наприклад 30° і 60° , потраплять в одну точку.

І ще один цікавий факт. Якщо розглянути всі траєкторії, які виходять при початковій швидкості ядра v_0 і кутах $45^\circ \leq \alpha < 90^\circ$, то вони стосуватимуться однієї лінії - і це теж парабола, звана параболою безпеки.

Взагалі, всі ці формули є досить складними, а тому вимагають складних математичних розрахунків. Тому до цієї роботи долучалися багато відомих математиків, починаючи з І.Ньютона. Результатом цієї роботи є спеціальні «балістичні таблиці», які корегують в кожній конкретній ситуації процес наведення гармат (різного типу, на різній відстані).



Рис.5. Ідеальна і реальна траєкторії польоту снаряда.

Балістична таблиця — це така таблиця, яка має інформацію про поправки прицілу в залежності від дистанції до цілі. Такі таблиці використовуються в артилерії, пускових установках систем залпового огня, в снайперському ділі і спортивній стрільбі. Ця таблиця складається з кількох стовпчиків: — це дистанція в метрах или ярдах; 2) вертикальная поправка; 3) боковой знос вітру; 4) швидкість пулі або снаряду.

Балістичний калькулятор.

Баллистический калькулятор – це комп'ютерна програма зі спеціальним математичним забезпеченням зі зовнішньої балістики. Для розрахунків треба ввести в комп'ютер: дульну швидквсть; вагу пулі чи снаряда; її балістичний коефіцієнт та можна зобразити траєкторію подіту пулі. Балістичний калькулятор дозволяє досліджувати та постерігати за змінами траєкторії політа пулі або снаряда на різних відстанях и під різними кутами, при різних температурних умовах. Причому на кожному відрізку траєкторії ви бачите час політу пулі, коливань її швидкості і кінетичної енергії. Якщо ввести швидкість та напрямок вітру, то можна побачити величину відхилення пулі і необхідну поправку на вітер.

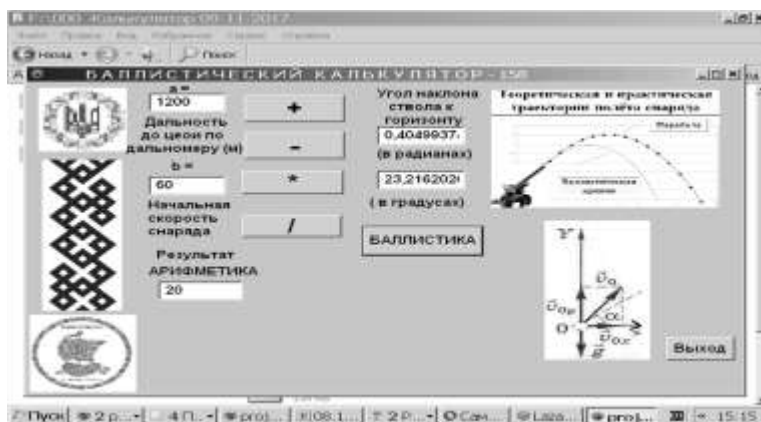


Рис. 6. Інтерфейс програми «Балістичний калькулятор».

Наші розробки

Нами також розроблена комп'ютерна програма «Балістичний калькулятор» на мові Делфі (рис.6). Ця програма дозволяє вирішувати цю задачу. Але це є «щільна», тобто спрощена балістична задача. В

реальній ситуації на політ снаряду впливає багато факторів, таких наприклад як сила та напрям вітру, дощ та сніг, широта та довгота місця знаходження гармати, швидкість обертання Землі, та інші фактори.

Штурманська задача

На рис.7 наведено результат роботи іншої програми «Штурманська задача», яка виникає перед штурманом бомбардувальника при підльоті літака до цілі: тобто де і в який час треба скинути бомбу, щоб вона вчасно попала в ціль. Це також є балістична задача.

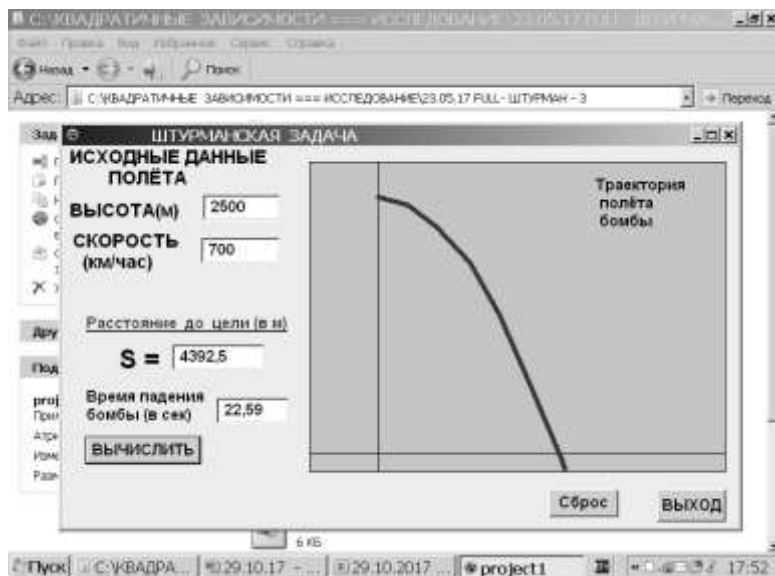


Рис.7. Интерфейс программы «Штурманская задача».

Підсумки

Таким чином, в нашій роботі приведено нарис з історії розвитку техніки артилерійського прицілювання, наведені постановка і алгоритм розв'язання задачі розрахунку балістичної траєкторії в полі земного тяжіння, а також наведені приклади наших самостійних розробок.

**АНАЛІТИЧНЕ ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕННЯ
ВАРІАЦІЙ ГЕОМАГНІТНОГО ПОЛЯ, ЩО
ВИНИКЛИ ПІДЧАС НАДПОТУЖНОЇ
МАГНІТНОЇ БУРІ 7 – 8 ВЕРЕСНЯ 2017 Р.**

Ст. К.А. Русанова

Кер. О.В. Лазоренко

Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна

Згідно із *нелінійною парадигмою* [1, 2], сформульованою д.ф.-м.н., проф. Л. Ф. Чорногором (кафедра космічної радіофізики Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, Харків, Україна) в 1970-і рр. процеси, що виникають у відкритих, нелінійних, динамічних системах під дією потужних нестационарних джерел енерговиділення, у переважній більшості є нестационарними, нелінійними, надширокосмуговими (НШС) та фрактальними. До згаданих систем належать, зокрема, системи Земля – атмосфера – іоносфера – магнітосфера (ЗАІМ) та Сонце – міжпланетне середовище – магнітосфера – іоносфера – атмосфера – Земля (СМСМІАЗ) [10, 11]. Магнітосфера Землі є складовою цих двох відкритих, нелінійних, динамічних систем. У якості потужного нестационарного джерела енерговиділення можуть виступати, зокрема, сонячні спалахи, під час яких істотно збільшується інтенсивність сонячного вітру, що, в свою чергу, призводить до так званої геокосмічної бурі, однією зі складових якої є магнітна буря [1]. Часові варіації магнітного поля, що спостерігаються протягом магнітної бурі, можуть бути безпосередньо виміряні на поверхні Землі з використанням, наприклад, магнітометра-флюксометра, що є в Радіофізичній обсерваторії ХНУ імені В. Н. Каразіна (с. Граково, Харківська область) [1]. З іншого боку, встановлено [3], що використання традиційних методів аналізу, що базуються на класичному перетворенні Фур'є та його модифікаціях, для дослідження нестационарних, нелінійних, НШС і фрактальних процесів, якими й є зареєстровані варіації, є неефективним. Тому використання в цьому випадку методів вейвлет-аналізу є *актуальним* та на часі.

Метою роботи є проведення вейвлет-аналізу часових варіацій магнітного поля Землі, що виникли під час найпотужнішої у 2017 р. магнітної бурі, що відбулася 7 – 8 вересня 2017 р., із застосуванням аналітичного вейвлет-перетворення.

Сучасний вейвлет-аналіз містить у собі цілий набір різних вейвлет-перетворень. На сьогодні прийнято виділяти безперервне, аналітичне, дискретне, діадне (або вейвлетні ряди), стаціонарне, швидке вейвлет-перетворення, вейвлет-пакети, вейвлет-фрейми [3, 4].

Вейвлети – це узагальнена назва особливих функцій $\psi(t)$, що мають вигляд коротких хвильових пакетів з нульовим інтегральним значенням та з тією чи іншою (іноді досить складною) формою, що локалізовані по осі незалежної змінної та здатні до зсуву й масштабуванню (стисканню/розтягу) [3, 4].

Вейвлет-перетворення полягає у розкладанні вихідного сигналу на вейвлет-функції шляхом їхнього масштабування та зсувів. Такі функції мають змінну частоту та кінцеву довжину. Графічне відображення результату вейвлет-аналізу прийнято називати вейвлет-коефіцієнтами. Також можливо виконувати обернене перетворення, що є результатом згортки вейвлет-коефіцієнтів та вейвлет-функцій [3, 4].

Вейвлет-перетворення, в якому використовують комплексний вейвлет $\dot{\psi}(t)$, називають *аналітичним вейвлет-перетворенням* (АВП) дійсного сигналу $s(t)$. АВП задається виразом [3, 4]:

$$\dot{W}f(a, b) = |a|^{-1/2} \int_{-\infty}^{\infty} s(t) \dot{\psi}^* \left(\frac{t - b}{a} \right) dt,$$

де $\dot{\psi}^*(t)$ – функція, комплексно сполучена до вейвлета $\dot{\psi}(t)$, a – параметр масштабування, b – параметр зсуву, $\dot{W}f(a, b)$ – комплексна спектральна функція (СФ) АВП сигналу $s(t)$, яку також часто називають комплексним вейвлет-спектром даного сигналу.

Корисною особливістю АВП є можливість розгляду не тільки дійсної частини СФ АВП $\text{Re } \dot{W}f(T, \tau)$, але й $\text{Im } \dot{W}f(T, \tau)$, $|\dot{W}f(T, \tau)|$, $\arg \dot{W}f(T, \tau)$, що дозволяє отримати додаткову інформацію про досліджуваний сигнал порівняно з іншими вейвлет-перетвореннями. [3, 4].

Магнітна буря, що є частиною геокосмічної бурі, яка відбулася 7 – 8 вересня 2017 р., є визначною подією, оскільки вона виявилася не тільки найпотужнішою магнітною бурєю у 2017 р, але й двадцятою у списку найпотужніших магнітних бурь за увесь час спостережень за магнітним полем Землі [5]. Саме цим пояснюється особлива увага фа-

хівців у галузях геофізики, фізики та радіофізики космосу, прикута до цієї магнітної бурі.

У якості прикладу на рис. 1 та рис. 2 наведено результати аналізу часових варіацій D- і H-компонент геомагнітного поля 7 – 8 вересня 2017 р. (22:00 – 03:00 UT). Зокрема, можна побачити, що для D-компоненти виявлено чотири групи збурень, які позначено на рис. 1, а темними прямокутниками.

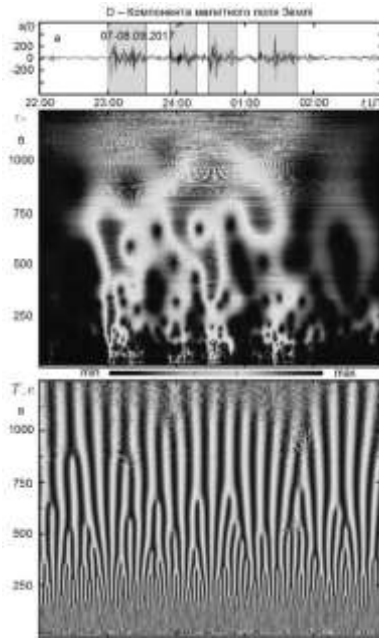


Рис. 1. – Вейвлет-аналіз варіацій D-компоненти магнітного поля 7 – 8 вересня 2017 р. (22:00 – 03:00 UT) з використанням АВП: а – сигнал у часовій області, б – модуль СФ АВП (вейвлет `stog1_1.5`), в – аргумент СФ АВП.

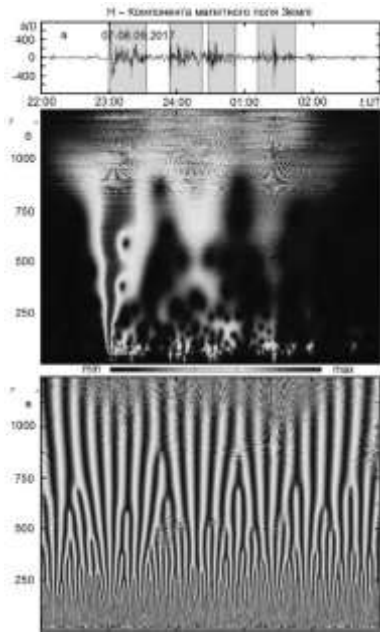


Рис. 2. – Вейвлет-аналіз варіацій H-компоненти магнітного поля 7 – 8 вересня 2017 р. (22:00 – 03:00 UT) з використанням АВП: а – сигнал у часовій області, б – модуль СФ АВП (вейвлет `stog1_1.5`), в – аргумент СФ АВП.

Перша група збурень (23:00 – 23:33 UT) має тривалість $\tau \approx 33$ хв, періоди збурень у діапазоні $T \approx 15 - 850$ с та містить у власному складі один ультракороткий (УК) НШС процес з $\tau \approx 5$ хв.,

$T \approx 100 - 750$ s та показником широкосмуговості $\mu \approx 1.5$. Друга група (23:54 – 00.17 UT) має $\tau \approx 23$ хв, $T \approx 250 - 800$ с та містить один УК НШС процес з $\tau \approx 8$ хв, $T \approx 400 - 750$ с, $\mu \approx 0.6$. Третя група (00:27 – 00.52 UT) має $\tau \approx 25$ хв, $T \approx 15 - 1000$ с та містить у власному складі два УК НШС процеси з $\tau \approx 3$ хв, $T \approx 20 - 120$ с, $\mu \approx 1.4$ та $\tau \approx 8$ хв, $T \approx 200 - 800$ с, $\mu \approx 1.2$ відповідно. Четверта група (01:12 – 01.45 UT) має $\tau \approx 33$ хв, $T \approx 15 - 1000$ с, та містить один УК НШС процес з $\tau \approx 2$ хв, $T \approx 60 - 130$ с, $\mu \approx 0.7$.

Загалом за результатами проведених досліджень встановлено, що часові варіації магнітного поля Землі, що виникли підчас надпотужної магнітної бурі 7 – 8 вересня 2017 р., мають дуже складну структуру. У складі кожної окремої групи збурень перебуває хоча б один НШС процес (УК або зі змінною середньою частотою (ЗСЧ)). Для ЗСЧ НШС процесів середній період T_0 в усіх випадках зменшувався приблизно за лінійним законом, тобто відповідна середня частота $f_0 = 1 / T_0$ має зростати приблизно за гіперболічним законом. Більш того, скелетони аргументу СФ АПФ мають характерну «деревоподібну» структуру, в тому рахунку й там, де перебувають НШС процеси. Останнє означає, що ці НШС процеси можуть бути віднесені до фрактальних НШС процесів. Це свідчить про особливу складність фізичних процесів, що відбуваються у магнітосфері підчас потужних магнітних бурь.

Будучи цікавими самі по собі, отримані у роботі результати є маленькою складовою спроби наукової групи на чолі з проф. Л. Ф. Чорногором зробити свій внесок до розв'язання проблеми здійснення оперативного моніторингу стану геокосмосу, що однією з найважливіших, які стоять перед людством.

1. Чорногор Л. Ф., Домнин И. Ф. Физика геомагнитных бурь: Монография. Харьков: ХНУ имени В. Н. Каразина, 2014. 576 с.
2. Chernogor L.F., Rozumenko V.T. Earth – Atmosphere – Geospace as an Open Nonlinear Dynamical System. *Радиофизика и радиоастрономия*, 2008. Т. 13, № 2. С.120 – 137.
3. Лазоренко О. В., Чорногор Л. Ф. Сверхширокополосные сигналы и процессы. Монография. Харьков: ХНУ имени В. Н. Каразина, 2009. 576 с.
4. Малла С. Вэйвлеты в обработке сигналов: Пер. с англ. Москва, Мир, 2005. 671 с.
5. Chernogor L. F., Garmach K. P., Lazorenko O. V. and Onishchenko A. A. Multi-Fractal Analysis of the Earth's Electromagnetic Field Variations Caused by the Powerful Geospace Storm Occurred on September 7 – 8, 2017. *Problems of Atomic Science and Technology. Series 'Plasma Electronics and New Methods of Acceleration'*. 2018. No. 4(116), Iss. 10. Pp. 118 – 121.

КОЛЬОРИ В МИСТЕЦТВІ ТА НАУЦІ

Ст.: Т.М. Шабрамова¹, Ф. Бахшієв²

Кер.: О.М. Андреєва², О.М. Андреєв²

¹Харківське художнє училище № 1

²Національний технічний університет «ХПІ»

В літній сонячний день на галявині можна спостерігати безліч яскравих кольорів: зелена трава, жовтогарячі кульбаби, червона суніця, блакитне небо... Всі предмети, що оточують нас, ми бачимо, бо вони випромінюють або відбивають світло, що діє на наше око, яке здатне «визначати» кількість (інтенсивність) та кольоровість світла.

В 1676 р. І. Ньютон першим проаналізував факт появи, за освітленою вузьким сонячним променем скляною призмою веселки, що складалася з кольорів, які плавно переходили один в другий. Провівши аналогію між кольором і музикою, вчений запропонував розділити спектр на сім кольорів.

В природі кольори прийнято ділити на хроматичні (кольорові) і ахроматичні (безбарвні). Хроматичні кольори характеризуються трьома ознаками: кольоровим тоном, світлістю і насиченістю. Кольоровий тон - якісна характеристика кольору, що залежить від спектрального складу відбитого (або пропущеного) предметом світла. Це та ознака кольору, завдяки якій він називається синім, зеленим, жовтим. Світлість - кількісна характеристика кольору, яка визначається кількістю відбитого (або пропущеного) світла. Чим більше світла відбивається від предмету, тим світліше буде його забарвлення. Насиченість кольору характеризується ступенем виразності кольорового тону, або мірою «розбавлення» його білим. Ахроматичні кольори – чорний, білий та проміжні між ними відтінки сірого кольору, що відрізняються лише світлістю. Наприклад, темно-сірий - це темніше, ніж сірий, і світліше, ніж чорний.

В живописі з давнини змішуванням кольорів створювали різноманіття кольорових сполук. Першою кольоровою моделлю вважалась кольорова смуга – безперервне зображення спектру сімох кольорів. Художники розміщували фарби уздовж краю палітри, а в проміжках створювали барвисті суміші. Пізніше з'ясували, що деякі кольори можна отримати змішуванням барвистих пігментів, а інші - ні. Ця обставина дозволила розділити кольори на чисті і похідні. Емпіричним

шляхом вдалося визначити, що для створення різноманіття кольорів в природі достатнього змішати лише три чистих кольори.

Традиційно існує два способи змішування кольорів: адитивний (додатковий) і субтрактивний (віднімальний). Адитивним (RGB модель) називається спосіб отримання кольору, шляхом додавання основних кольорів. Цей спосіб можна продемонструвати за допомогою світлодіодів. При змішуванні трьох основних кольорів (червоного, зеленого, синього) отримують білий, червоного і зеленого - жовтий, червоного і синього - пурпурний, зеленого і синього - бірюзовий. Регулюючи інтенсивність пучків світла, можна отримати інші кольори і колірні відтінки. Характерною особливістю цієї моделі є чисельний метод опису кольору, який знайшов широке застосування в таких галузях як наукові дослідження оптичних спектрів, кольорова фотографія, комп'ютерна графіка. Щоб отримати монохроматичне світло (певного кольору) його розкладають в спектр, використовуючи явища дисперсії або дифракції світла. Суть субтрактивного (модель СМУ) способу отримання кольору полягає в тому, що будь-який колір проявляється при поглинанні з пучка білого світла певних променів. Наприклад, помідор виглядає яскраво-червоним тому що його поверхня поглинає усі кольори сонячного спектру окрім червоного. СМУ модель базується на основних кольорах: жовтий, синій (блакитний) і червоний (пурпурний). Сума всіх кольорів дає темно коричневий колір, а їх відсутність - білий. Модель тривалий час не визнавали, через те, що чисті жовті кольори навчилися отримувати лише в 1800 р., а "пурпурний" фуксин ще пізніше - тільки в 1850 р. Через не ідеальність спектрів поглинання реальних барвників, їх змішуванням фізично не можна створити справжній чорний колір. Тому до числа основних кольорів моделі згодом штучно додали чорний, завдяки чому модель знайшла широке застосування в традиційного живопису і поліграфії (зокрема в кольорових принтерах).

Наука, яка досліджує питання виміру та кількісного вираження кольору, називається колориметрією, а прилади для вимірювання характеристик кольору світла – колориметри (від лат. color – колір та від грец. metreo – вимірюю). Першим найпростішим колориметром був диск (вертушка) Максвелла. В залежності від швидкості обертання триколірного диска око сприймало різні змішані кольори. Сьогодні на ринку існують колориметри двох типів: візуальні, концентраційні. Ві-

зуальні колориметри - трьохкольорові прилади, які використовують для кількісного виразу кольору набір трьох цифр (координат): первинних компонент кольору (червоного, зеленого, синього). Знаючи координати кольору, можна визначити точку кольору на колірному графіку, та відтворити колір. Найбільш розповсюдженими є колориметри, в яких змішування кольорів відбувається освітленням білої поверхні трьома світловими потоками з різними кольоровими характеристиками, внесок кожного потоку в отриманий колір регулюється зміною його інтенсивності. Концентраційні колориметри використовують для визначення концентрації речовини в забарвленому розчині. Дія таких приладів базується на залежності ступеня поглинання світла певної довжини хвилі (певного кольору) від концентрації речовини у розчині. Далі поглинання світла рідиною порівнюють з поглинанням в еталонному розчині, та за законом Бугера-Ламберта-Бера, розраховується зміна концентрації у речовині.

В роботі для визначення кольору було розроблено бюджетний колориметр, функціональну схему якого наведено на рис. 1. Чутливим елементом колориметра є датчик кольору TCS230 [1], що складається з 64 фотодіодів по 16 з червоним, з зеленим, синім світлофільтрами та 16 - без світлофільтру. Об'єкт підсвічують чотирма білими світлодіодами, що розташовані по периметру на платі датчика. TCS230 також містить перетворювач струму в частоту, а вихідним сигналом датчика є меандр, частота якого пропорційна інтенсивності світла падаючого на відповідний фотодіод. Керування датчиком та визначення частоти меандру здійснюється налагоджувальною платою Arduino UNO на базі мікроконтролеру ATmega 328P. Датчик кольору підключається до Arduino по 7-провідному інтерфейсу: 2 дроти – напруга живлення, 1 – вихід датчика, 4 – керовані сигнали. Для відображення отриманої інформації використано RGB світлодіод з загальним анодом та блютуз модуль, що відправляє дані на пристрій з операційною системою Android.

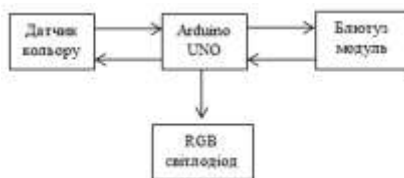
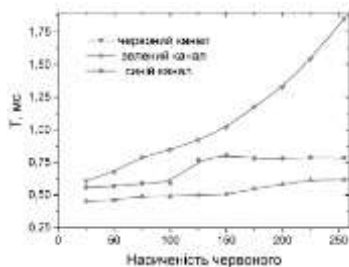


Рис.1 Блок – схема колориметра.

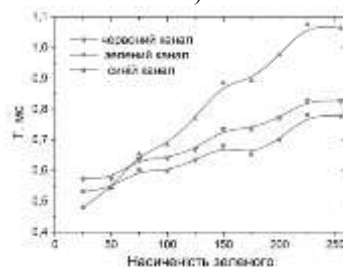
Оскільки, на налагоджувальній платі встановлено перемикач логічних рівнів (3,3 В/5 В), то блютуз модуль підключається до Ar-

duino без перетворювача логічних рівнів. За допомогою двосторонньої макетної плати виготовлено плату розширення для Arduino, на яку фіксуються штирьові роз'єми (з кроком 2,54 мм) для датчика кольору, RGB світлодіода та блютуз модуля.

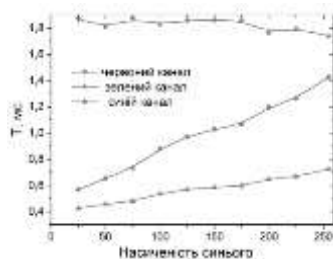
Для калібрування колориметру за допомогою, кольорового принтеру, було створено серію зразків на білому аркуші, в яких з кроком 25 змінювали насиченість одного з первинних кольорів (від 255 до 0). З рис. 2 а) видно, що зміна насиченості червоного кольору майже не впливає (період T сигналу не змінюється) на два інших компонента. У випадку зміни насиченості зеленого кольору (рис. 2б) - всі три вихідні сигнали датчику TCS230 змінюються. Це може бути обумовлено тим, що зелений колір у зразках не є первинним. Зміна насиченості синього кольору (рис. 2в) призводить до несуттєвих змін зеленого та червоного компонент. Таким чином, при вибраному способі калібрування (рис. 2) найбільш точно, за допомогою обраного датчика кольору, можна визначити первинні кольори та вторинні кольори, що містять в собі значну кількість червоного та синього компонент кольору. Оскільки інтенсивність світла відбитого від об'єкту залежить від відстані до датчика, тому в роботі всі виміри проводили на відстані 10 мм. Крім цього, в роботі були підготовлені демонстрації: модель RGB з трьома світлодіодами та вертушка Максвелла.



а)



б)



в)

Рис.2 Калібровочні криві.

1. Е.В. Омеляненко Цветоведение и колористика. – М.: Планета музыки. – 2017, С. 105.

2. Electronic Components Datasheet Search <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/96470/ETC/TCS230.html>

ЖИТТЯ НА МАРСІ БУДЕ ?

Ст.: О.О. Сушильников, Е.В. Дьомін

Кер. О.В. Семенов

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»*

Проблема переселення землян на відповідні планети в космосі давно, а особливо в даний час, обговорюється не тільки письменниками фантастами, а й вченими та експертами в галузі розвитку космічної техніки. Це обумовлено не тільки розглядом варіантів порятунку земної цивілізації від катастрофічних наслідків можливих катаклізмів техногенного або природного характеру, а й науковим інтересом до досліджень реального освоєння людьми планет ближнього і далекого космосу.

В першу чергу, в якості притулків для космічних піонерських поселень розглядаються землеподібні планети: Марс, Венера, Меркурій, серед яких найбільш підходящою планетою є Марс, для польотів на який вже розробляються реальні проекти і готуються команди першовідкривачів. Найбільш інтенсивно і послідовно ведуться ці роботи в аерокосмічних центрах SpaceX (США), BlueOrigin (США), CALT (Китай), NASA (США). Підприємства ракетно-космічної галузі України також частково беруть участь в цих грандіозних дослідженнях.

Порівняльна характеристика планети Марс.

Марс четверта планета від Сонця і остання з планет земної групи. Діаметр планети складає 6779 км. (Діаметр Землі дорівнює 12 742 км.). Маса дорівнює $6,4171 \cdot 10^{23}$ кг., що становить 0,107 земної. Середня щільність ґрунту становить $3,933 \text{ г / см}^3$, що становить 0,714 земної.

Основними елементами ґрунту на Марсі (рис.1) є кисень (47%), кремній (28%), алюміній (8,1%), залізо (5%), кальцій (3,6%), натрій (2,8%), калій

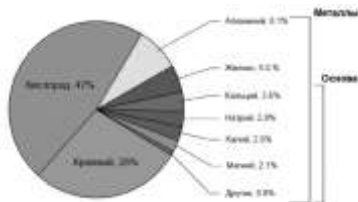


Рис. 1. - Діаграма, що представляє склад ґрунту Марса у відсотковому співвідношенні.

(2,6%), магній (2,1%), та ін. домішки (0,8%).

Атмосфера складається (рис.2) з двоокису вуглецю на 95,32%, азоту на 2,7%, аргону на 1,6%, кисню на 0,145%. Атмосфера дуже сильно розріджена, тиск менше земного в 160 разів - 6,1 мбар на середньому рівні поверхні, що не сприяє існуванню води в рідкому стані на поверхні планети. Середня температура на Марсі значно нижче, ніж на Землі: -50°C .

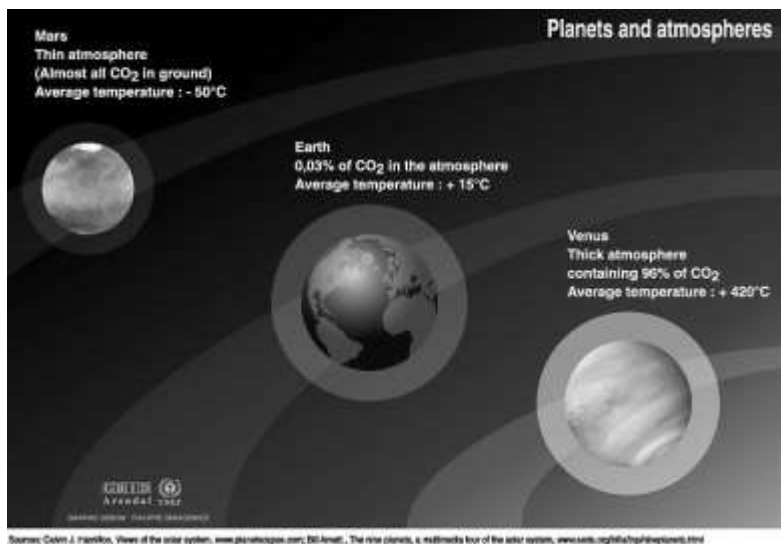


Рис. 2. - Порівняння атмосфер Землі, Марса та Венери.

Період обертання навколо власної осі становить 24 години 39 хвилин, навколо Сонця - 686,98 земних діб. Відстань від Землі до Марса постійно змінюється з тієї причини, що планети мають різні орбіти навколо Сонця, але середнє його значення становить 225 мільйонів км., В той час як відстань від Сонця до Марса має середнє значення, рівне 227 мільйонів км. (рис.3).

Історія дослідження Марса.

Червона планета привертала увагу людей з античних часів. Однак серйозні дослідження Марса почалися з 60х років 20 го століття,

коли почалася ера космічних польотів до Марса. Починаючи з місії «Марс 1960А», запущеної в СРСР в 1960 році, на Марс було відправлено більше 50 орбітальних апаратів та марсоходів які спускаються. Космічні зонди виконали численні і повні дослідження атмосфери, ґрунту, температури, рівня радіації і багатьох інших параметрів Марса. Тепер вчені знають про Марс майже все.

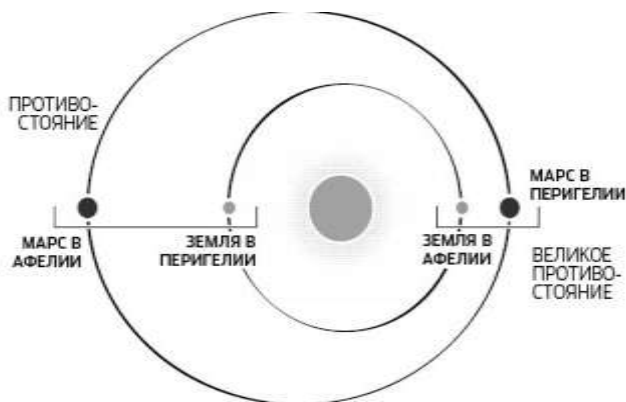


Рис. 3. - Вигляд орбіт Землі та Марса

Проблеми переселення на Марс.

Транспортування людей і вантажів, необхідного спорядження і припасів на початковий період для існування невеликої колонії. Для цього необхідні ракети-носії надважкого класу, здатні виводити на низьку навколоземну орбіту (ННО) від 50 тонн вантажу, де будуть формуватися космічні експедиції на Марс. За оцінками для першої експедиції потрібно виконати 50-70 закидів на ННО, що само по собі є дуже складним та високовитратним завданням. В галузі ракетобудування на найближчі роки вже заплановані перші запуски ракет надважкого класу. Так в компанії NASA (США) в розробці зараз ракета-носій під назвою «Space Launch System», яка буде мати вантажопідйомність в 130 тонн. New Glenn - назва ракети-носія, розробкою якої займається компанія Blue Origin (США), перший її запуск запланований на 2021 рік, вона має вантажопідйомність рівну 45 тоннам, і буде мати можливість повторного використання першого ступеня. Компанія SpaceX (США) планує запуск ракети BFR (Big Falcon Rocket)

з вантажем на Марс вже у 2022 році, і буде мати вантажопідйомність рівну 100 тоннам, а також багаторазовими першою і другою ступенями, різними конфігураціями, що збільшують можливу сферу використання ракети і цілу низку переваг, спрямованих на наближення нашого колоніального майбутнього.

Проблема життєзабезпечення людей на Марсі.

Для життя людей на червоній планеті необхідно принципово вирішити питання забезпечення людей житлом, продовольством і енергією. Якщо для будівництва жител вже існують сміливі інженерні рішення з використанням ресурсів Марса, то, з огляду на відсутність води та низькі температури на планеті, для самозабезпечення колоністів продовольством поки прийнятих рішень немає. Що стосується забезпечення колонії киснем, тут так само існує кілька основних варіантів: розкладання вуглекислого газу на кисень і монооксид вуглецю за допомогою іонізованого газу і використання мікроорганізмів, або водоростей, які були б стійкі до марсіанських умов, і виробляли б кисень з вуглекислого газу, з якого переважно і складається атмосфера Марса. І останньою з основних технічних, але аж ніяк не менш значущою, залишається проблема енергетична. Для забезпечення поселень енергією передбачається використовувати енергетичні системи, що працюють на принципі ядерного розпаду, або застосовувати генератори, що обертаються двигунами, що використовують в якості палива заморожений вуглекислий газ. Так само розглядається більш практичний варіант з сонячними батареями, але вони потребують конструкційної доробки, - необхідно зробити їх досить гнучкими і легкими для компактного транспортування.

Як довго зможуть люди жити на Марсі? Фізіологія людини.

Вплив на організм людини умов перельоту і подальшого життя на Марсі оцінюється як досить істотне, трьома найважливішими його складовими є: сили гравітації, які відсутні під час перельоту зовсім, а на Марсі слабкіше земних на дві третини, а також впливом радіації і психологічної складової. Знижена гравітація обумовлює зменшення кісткової маси людини і атрофію її м'язів. Вплив радіації на центральну нервову систему протягом польоту, і подальшого перебування на Марсі ще не може бути оцінений в повній мірі, незважаючи на те, що

відповідні дослідження давно проводяться в рамках Human Research Program (NASA). В цілому, питання тривалості перебування людини на Марсі не має однозначної відповіді, і, на жаль, мабуть, буде вивчатися дослідним шляхом. Узагальнюючи наведені дані, можна зробити наступні висновки: розробки важких ракет-носіїв для транспортування експедиції на Марс будуть завершені в найближчі роки; фізико-хімічні проблеми життєзабезпечення тривалого перебування людей на Марсі не вирішені, і перший час будуть виконуватися регулярні доставки продовольства і енергоресурсів з Землі; фізіологічні проблеми тривалого перебування людей на Марсі є найбільш складним питанням, до вирішення якого поки немає підходів.

Метою цієї доповіді в певній мірі є привернення уваги вчених, фахівців і студентів Харківського політеху до широкого спектру фізико-технічних і фізико-хімічних задач марсіанського проекту, вирішення яких сприятиме розвитку земної цивілізації.

СТРУКТУРНІ ФАЗОВІ ПЕРЕХОДИ В ОРГАНІЧНИХ КРИСТАЛАХ

Ст. Є.М. Троцький¹,

Кер.: В.О. Ликах², Є.С. Сиркін³

¹Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна

²Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»

³ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України

У складних органічних кристалах різні фізичні властивості, включаючи структурні та електронні, можуть проявлятися при низьких температурах [1]. У цій доповіді ми досліджуємо просту модель, яка може описувати фазовий перехід від впорядкованих до неупорядкованих фаз у розглянутій системі.

Дослідимо одновимірну модель кристала, в якій плоскі великі органічні молекули контактують між собою широкими площинами. Взаємодія між площинами великих молекул має складну форму, але ми припускаємо, що вона визначається потенціалом Ленард-Джонса у формі:

$$U(r) = \varepsilon \left[\left(\frac{r_0}{r} \right)^{12} - 2 \left(\frac{r_0}{r} \right)^6 \right], \quad (1)$$

де r_0 - рівноважна відстань між великими молекулами, а ε - глибина потенційної ями. Припустимо, що маленька молекула займає положення між великими. Для взаємодії малих молекул одна з одною і з великою молекулою використовуємо формулу (1) з заміною r_0 на r_s .

Показано, що при варіації параметра $s = r_s / r_0$ мала молекула має спочатку двоямний потенціал, який зменшується зі збільшенням s від 0 до 0,44, а при перевищенні останнього значення бар'єр між ямами зникає. Для більш точного аналізу ми використовуємо першу похідну по r , яка точніше відображає злиття потенціальних екстремумів.

Малі молекули зміщують положення рівноваги між великими і змінюють відстань між ними. Так, нове положення однієї великої молекули відносно іншої знайдемо, розклавши вираз взаємодії поблизу точки r_0 :

$$U = \varepsilon \left[s^{12} - 2s^6 + 12\delta(s^6 - s^{12}) + 36\delta^2 - 1 \right];$$
$$r = r_0(1 + \delta) \tag{2}$$

Умова мінімуму $\partial U / \partial \delta = 0$ призводить до положення рівноваги: $\delta_e = -(s^6 - s^{12}) / 6 < 0$. Тобто, при введенні малої молекули притягання великих молекул між собою збільшується, при цьому період молекулярного ланцюжка зменшується. Показано, що для електро-нейтральних при низьких температурах відбувається структурний фазовий перехід. При швидкому охолодженні виникає неупорядкований розподіл малих молекул у двоямному потенціалі.

1. Kagawa F., Oike H. Quenching of charge and spin degrees of freedom in condensed matter // *Advanced Materials*. – 2017. – Vol. 29. – №. 25. – С. 1601979

НАУКОВО - ДОСЛІДНА СЕКЦІЯ



ВИЗНАЧЕННЯ МАГНІТНОГО ПОЛЯ В МІЖЗОРЯНОМУ ПРОСТОРІ ЗА ДОПОМОГОЮ МАГНІТООПТИЧНИХ ЕФЕКТІВ

Ст. О.В. Морозова

Кер. О.М. Савченко

Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна

Магнітні поля присутні в космічному просторі. Джерелами цих полів, згідно з сучасними теоріями, є нейтронні зірки (пульсари), а також інші космічні об'єкти. Так, існують різні теорії походження магнітного поля Землі, наприклад, теорія гідромагнітного динамо. В астрофізиці динамо-процесами називають ефекти підсилення магнітних полів за рахунок енергії руху зарядів. Механізмом такого підсилення є дія неоднорідного магнітного поля на заряджені частинки, завдяки чому поле захоплює електропровідну плазму, яка заповнює простір. Час викривлення силових ліній магнітного поля і, відповідно час затухання таких процесів, у масштабах галактики навіть при слабкій провідності плазми є дуже значним. Галактики, зірки, ядра планет також можна розглядати як різноманітні плазмові конфігурації. Обертальний рух цих об'єктів може призводити до стійкого підсилення магнітного поля [1].

Дана робота присвячена методам визначення величин магнітних полів, які є складовою міжзоряного середовища та поблизу зірок. Виявляється [2-4], що вимірювати ці поля можна завдяки магнітооптичним ефектам: зеєманову розщепленню смуг поглинання в магнітному полі та ефекту Фарадея (обертання площини поляризації радіочастотного випромінювання). Таким чином вимірювана величина магнітного поля біля спокійної поверхні Сонця складає декілька ерстед та різко зростає в плямі до десятків кілоерстед.

1. Савицький В.М. Магнітні властивості речовини: навч.посіб-Х.:ХНУ імені В.Н.Каразіна, 2010.-328с.

2. Angel J.R.P., Landstreet J.D. Astrophysical Journal, 191 J: 457-464, 1974.

3. Han J.L. Manchester R.N., Lyne A.G., Qiao G.J, van Straten W. Astrophysical Journal, 642:868-881, 2006.

МОДИФІКУВАННЯ ВІДПАЛЮВАННЯМ СТРУКТУРНИХ І ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МОНОКРИСТАЛІВ $\text{HoBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ З ДЕФІЦИТОМ КИСНЮ

Ст. Л.А. Котвицька¹

Кер. Р.В. Вовк¹, С.М. Камчатна²

¹*Харківський національний університет ім. В.Н.Каразіна*

²*Український державний університет залізничного
транспорту*

Одним з найбільш затребуваних для досліджень в області модифікування структурних і електрофізичних властивостей високотемпературних надпровідних купратів шляхом ізовалентного і неізовалентного заміщення їх складових є з'єднання системи $\text{RBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ [1].

У даній роботі наведені результати дослідження структурної релаксації у високосовершених монокристалах $\text{HoBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ з пониженням вмісту кисню після їх швидкого охолодження від температури $T \approx 600^\circ\text{C}$. Монокристали $\text{HoBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ вирощували за розчин-расплавною технологією у золотом тиглі, згідно методики [2]. Для зменшення вмісту кисню зразок відпалювали протягом доби при 600°C в атмосфері повітря. Після відпалу кристал охолоджували до кімнатної температури протягом 2-3 хв, монтували у вимірювальній комірці і охолоджували до температури рідкого азоту протягом 10-15 хв. Для дослідження впливу відпалу при кімнатній температурі зразок, після першого виміру $\rho(T)$, витримували протягом декількох годин при кімнатній температурі і проводили повторні вимірювання. При дослідженні впливу відпалу при кімнатній температурі на електроопір в площині шарів недодопірованого монокристалу $\text{HoBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ виявлено, що після загартування зразок містить надпровідні області з різними температурами надпровідного переходу, T_c , що вказує на нерівномірний зміст лабільного кисню. Відпал призводить до збільшення T_c всіх областей, і зменшення їх числа.

Така поведінка пояснюється вирівнюванням концентрації лабільного кисню в шарах за рахунок коалесценції кисневих вакансій.

[1] D.M.Ginsberg (ed), Physical properties high temperature superconductors I. – Singapore: Word Scientific, 1989.

[2] R.V.Vovk, M.A.Obolenskii, A.A.Zavgorodniy, Z.F.Nazyrov, / Modern Physics Letters B (MPLB) V. 25 (27), p. 2131-2136 (2011).

ОЦІНКА ТЕПЛОВИХ ВТРАТ БУДІВЕЛЬ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ТЕПЛОВІЗІЙНОГО АУДИТУ

Ст. А.М. Грішасєва

Кер. С.М. Мешков

Харківський національний університет радіоелектроніки

У зв'язку з безперервним зростанням вартості теплової енергії виникає гостра необхідність її економії. Зменшення витрат енергії на опалення будівель знижує кількість спалюваного вугілля, газу і мазуту, таким чином одночасно вирішуються і багато екологічних проблем. Важливим фактором, що стимулює впровадження і розвиток енергозберігаючих технологій є поліпшення комфортності приміщень. Переваги теплобачення, високі характеристики тепловізорів та їх доступність, викликали величезний і все більший інтерес до тепловізійної діагностики та оцінці теплових втрат введених в експлуатацію і вже експлуатованих будівель і споруд.

Оцінки теплових втрат і опору теплопередачі будівель і споруд можуть бути проектними і експериментальними. Відомо, що фактичний стан теплозахисту споруд може досить значно відрізнятися від проектних значень в силу помилок проектування, недобросовісного будівництва, деградації матеріалів з плином часу за рахунок зволоження, старіння, руйнування і тому подібних процесів.

Тому важливе місце в енергетичних обстеженнях набуває експериментальна (Інструментальна) оцінка параметрів теплозахисту огорожувальних конструкцій.

Фахівцями НТЦ "Термоконтроль" Харківського національного університету радіоелектроніки було проведено тепловізійне обстеження будівлі студентського гуртожитку №2. Використовувалися вимірювальні засоби: 1) тепловізор ІРТІС-200; 2) інфрачервоний пірометр; 3) датчик теплового потоку ІТП-6. Метою тепловізійної діагностики були:

1. Оцінка якості будівлі.
2. Оцінка загальних теплових втрат будівлі та рекомендації по енергозбереженню.

В ході суцільного моніторингу були оглянуті чотири фасади будинку. Був проведений вимір зовнішньої і внутрішньої температури на чотирьох поверхах.

В ході обстеження було виявлено ряд будівельних дефектів, наслідком яких були теплові втрати. Були виявлені теплові втрати через неякісну установки віконних рам, втрати з місць установки радіаторів центрального опалення. Були виявлені приміщення з додатковими нагрівальними приладами (рис.1, 2). Був виявлений дефектний стик в конструкції будівлі (рис.1). Дефектний стик призводить до втрат тепла, можливого зсуву точки роси всередині будівлі, і промерзання будівлі з подальшим її руйнуванням.



Рис.1. – Теплові втрати з місць установки радіаторів центрального опалення (1) і з додатковими нагрівальними приладами (2).

Згідно з відомою методикою [1] величина теплових втрат на момент тепловізійної зйомки визначається з виразу (1).

$$Q = \alpha_{\text{зовн}} S (T_{\text{зовн}}^{\text{ст}} - T_{\text{зовн}}^{\text{пов}}), \quad (1)$$

де $\alpha_{\text{зовн}}$ - коефіцієнт зовнішньої тепловіддачі (визначається за допомогою вимірювачів теплового потоку); $T_{\text{зовн}}^{\text{пов}}$ - температура зовнішнього повітря. Розрахунок теплових втрат при тепловізійних вимірах виконують шляхом екстраполяції результатів цього дослідження на весь опалювальний період.

Після проведення обстеження будівлі студентського гуртожитку №2 ХНУРЕ були отримані наступні значення входних до (1) величин:

$$\alpha_{\text{зовн}} = 8,7 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}, \quad T_{\text{зовн}}^{\text{пов}} = -4^\circ\text{C}.$$

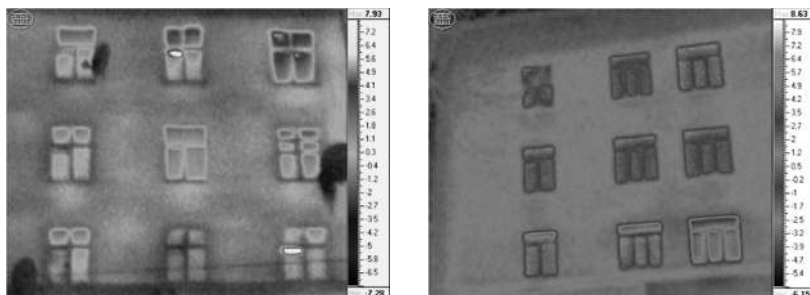


Рис.2. – Теплові втрати через неякісну установку віконних рам.

Був виявлений дефектний стик в конструкції будівлі (рис.3). Дефектний стик призводить до втрат тепла, можливого зсуву точки роси всередину будівлі, і промерзання стін. Це призводить згодом до руйнування будівлі. Площа дефекту, розрахована за пікселями термограми складала 11,8 кв.м.



Рис.3.– Дефект конструкції будівлі. Стик між фасадами С і Д.

За результатами обстеження з метою економії теплової енергії були розроблені наступні рекомендації:

- 1) установлення теплозахисних відображаючих екранів в ніші установки радіаторів;
- 2) видалення саморобних нагрівальних приладів з кімнат гуртожитку.

Останній захід мав подвійний ефект, так як збільшилась пожежна безпека будівлі.

При ремонті будівлі частина дерев'яних віконних рам були замінені на подвійні склопакети. Термографування не виявило суттєвої

відмінності за величиною теплових втрат між старими дерев'яними і новими вікнами.

Розрахунок теплових втрат згідно з відомою методикою [1] показав, що втрата теплоти на момент тепловізійної зйомки склала приблизно 400 Вт. Якщо прийняти середню температуру і тривалість опалювального періоду відповідно $-2,56^{\circ}\text{C}$ і 146 діб, то повні теплові втрати за рахунок виявленого дефекту склали ≈ 750 Мкал. При дотриманні всіх методичних рекомендацій тепловізійного обстеження, згідно з відомими даними, похибка при подібній оцінці може становити до 30%.

При тепловізійному енергоаудиті можна виділити дві особливості, що знижують його точність:

- недостатнє метрологічне обґрунтування тепловізійних вимірювань (використання економічних тепловізорів з невеликим форматом термоізображень (160×120 і менше) і істотною похибкою температурних вимірювань (зазвичай $\pm 2\%$ або $\pm 2^{\circ}\text{C}$, що малоприйнятно в енергоаудиті);
- невиконання методичних рекомендацій щодо забезпечення точних температурних вимірювань за апіорної відсутності значень ряду параметрів.

Перший момент можна вирішити досить просто, якщо застосувати для зйомки тепловізор вищого класу. Виконання методичних рекомендацій вимагає значно більших зусиль [1].

В цілому тепловізійний енергоаудит може давати орієнтовні оцінки теплових втрат, що обумовлено великим числом параметрів, які треба враховувати при натурних дослідженнях. Однак при дотриманні всіх методичних рекомендацій оцінювання теплових втрат є орієнтиром для розробки заходів з теплозбереження.

1. В.П. Вавилов Інфрачервона термографія і теплової контроль.-М.: ІД Спектр, 2009.- 544 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ТЕПЛОВИДІЛЕННЯ ІНДУКЦІЙНОГО НАГРІВАЧА ВІД РОБОЧОЇ ЧАСТОТИ

Ст.: Д.В. Мілько, О.В. Чернишенко

Кер. Р.П. Орел

Харківський національний університет радіоелектроніки

В роботі проводилося дослідження та оптимізація індукційного нагрівача – пристрою, з використанням якого досить зручно проводити безконтактне нагрівання електропровідних матеріалів за допомогою струмів високої частоти. Він складається з наступних блоків: керуюча частина (генератор імпульсів), силова частина – служить для «розкачки» MOSFET транзисторів і нагрівальний індуктор – котушка індуктивності, що входить до складу коливального контуру з компенсуючою конденсаторною батареєю.

Для дослідження друкованої плати індукційного нагрівача було використано метод неруйнівного контролю, а саме теплової. Теплові методи засновані на реєстрації теплових полів об'єкта, температури або теплового контрасту контролюваного об'єкта. Їх застосовують для вимірювання температур, отримання інформації про тепловий режим об'єкта, визначення та аналізу температурних полів, дефектів типу розшарування, тріщин, виявлення дефектів пайки багат шарових з'єднань з металів і неметалів, склейки метал–метал, метал–неметал тощо. Тепловий контроль також здійснюється за допомогою термометрів, тепловізорів, пірометрів, інфрачервоних мікроскопів, радіометрів тощо [1].

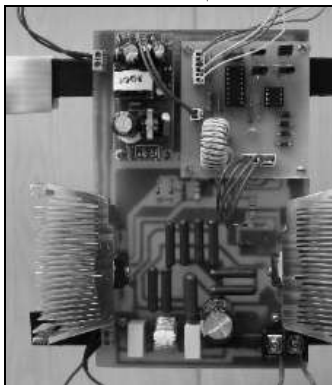
Дослідження процесу нагрівання силових елементів проводилося за допомогою тепловізора ІРТІС 2000. Тепловізор – вимірювальний прилад, який дозволяє бачити теплове (інфрачервоне) випромінювання навколишніх об'єктів і завдяки цьому вимірювати температуру в будь-якій точці на поверхні з досить високою точністю. Основне призначення тепловізора – безконтактне вимірювання температури об'єктів живої і неживої природи, пошук несправностей обладнання та електрики, недоліків будівництва. Тепловізійні камери створюють чіткі теплові зображення, ґрунтуючись на різниці температур. Вони використовуються в багатьох галузях промисловості, включаючи будівництво, енергетику, машинобудування, нафтохімію [2].

Процес термографування можна розділити на наступні етапи:

- установка контрольного об'єкта з підключеним живленням перед тепловізором;
- реєстрація теплового випромінювання його компонентів на різних режимах роботи;
- передача отриманих даних на екран монітора у вигляді термограми та / або комп'ютерній програмі для подальшої обробки.

В ході роботи, ми досліджували нагрів силових елементів друкованої плати індукційного нагрівача власного виготовлення (див. рисунок) працюючого на різних частотах. На мінімальній для даної схеми частоті в 160 кГц, нагрів сталевих деталей до температури 750 °С був проведений за 20 сек. При такому режимі роботи споживана потужність нагрівача складала 172 Вт. З ростом робочої частоти було зафіксовано збільшення часу нагрівання, але і зменшення споживаної потужності. Так, на максимальній для даної схеми частоті 400 кГц, нагрів предмета до тієї ж температури вже відбувався за 95 сек., А споживана потужність складала близько 55 Вт, тобто ефективність і ККД нагрівача зменшилися.

Дослідним шляхом, була підібрана оптимальна робоча частота для обраної схеми керуючого і силового блоків, яка складала близько 230 кГц. Час нагріву складав 28 с, а потужність – 120 Вт. Слід зауважити, що з малими навантаженнями індукційний нагрівач працює з низьким ККД. На рисунках показані плата нагрівача і її термограма для робочої частоти 230 кГц.



Видиме зображення



Термограма

Температури найбільш нагрітих елементів в зазначеному режимі виявились наступними:

- ШІМ контролер TL494 – 24 °C
- силові транзистори IRFP460 – 65 °C;
- транзистор в ланцюзі генератора імпульсів IRF450 – 38 °C;
- конденсатор фільтру живлення – 23 °C;
- резистори у колах затворів силових транзисторів – 41 °C і 46 °C;

Також була відмічена зміна характеру нагріву силових елементів: на великій частоті швидко нагріваються два резистора в колах затворів силових транзисторів, а зі зменшенням частоти – більше тепловиділення відбувається на самих транзисторах.

В процесі обробки результатів потрібно враховувати той факт, що різні матеріали мають різний коефіцієнт випромінювання. Він показує здатність об'єкта поглинати і випромінювати інфрачервону енергію. Наприклад, коефіцієнт випромінювання алюмінію (радіатори охолодження і торці електролітичних конденсаторів) становить від 0.05 до 0.2, а чорного пластику (корпуса силових транзисторів) – близько 0.9, отже, виміряні тепловізором температурні показники деяких елементів можуть істотно відрізняються від реальної і вимагають відповідного коректування для подальшої обробки.

Таким чином, за допомогою тепловізора було проведено термографування друкованої плати індукційного нагрівача і встановлено, що тепловиділення елементів схеми і ефективність його роботи залежить від робочої частоти. Також, була визначена оптимальна з точки зору тепловиділення і ККД частота, яка для використовуваної схеми склала близько 230 кГц. В ході експерименту було встановлено, що і сама схема також потребує деякого доопрацювання з метою підвищення енергоефективності.

1. Стороженко В.А. Малик С.Б. Применение термографии для контроля печатных плат. *Техническая диагностика и неразрушающий контроль*. 2007. №1. С.28-31.

2. Маслова В.А, Стороженко В.А. Термография в диагностике и неразрушающем контроле. Харьков: «Компания СМИТ», 2004. 160 с.

RFID-ТЕХНОЛОГІЇ. ЗАСТОСУВАННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

Ст. С.В. Вишванюк

Кер. Р.П. Орел

Харківський національний університет радіоелектроніки

В останній час все більшого розповсюдження набувають технології Radio Frequency Identification (RFID) – це технології безконтактного обміну даними, що засновані на використанні радіочастотного електромагнітного випромінювання. RFID застосовується в різних сферах для автоматичної ідентифікації та обліку об'єктів. При цьому використовується так звана RFID-мітка – мініатюрний запам'ятовуючий пристрій, який має антену і мікрочип. Антена потрібна для прийому електромагнітних хвиль передавача або зчитувача, перетворення їх в електричний сигнал, електроенергію для харчування самого чіпа і передачі відповідного сигналу. Іноді RFID-мітка має власне джерело живлення (активна мітка), але більшість міток у зовнішнього живлення не потребують, тобто є пасивними [1].

Пасивні RFID-мітки передають інформацію за рахунок використання енергії поля зчитувача. Накопичивши необхідну кількість енергії, мітка починає передачу. Радіус реєстрації пасивних міток становить 0,05-8 метрів в залежності від типу RFID-зчитувача і архітектури мітки.

Активні RFID-мітки мають власне джерело живлення і не залежать від енергії зчитувача. Такі мітки зазвичай мають набагато більший радіус зчитування (до 300 м) і обсяг пам'яті, ніж пасивні, і здатні зберігати більший обсяг інформації для відправки приймачем.

На розвиток RFID-технології вплинули NFC-технології – по суті теж саме що і RFID, але зі значно менших радіусом дії. Найпоширенішим застосуванням NFC-технології є безконтактна оплата банківською картою. Карти з NFC-мітками використовуються як посвідчення особи. За допомогою NFC-технології проводиться переказ коштів – дотиком смартфона до смартфона або платіжного терміналу [2].

Технологія NFC заснована на радіочастотній ідентифікації RFID, що дозволяє приймати інформацію за допомогою радіосигналів частотою 13,56 МГц не тільки з активних, але і пасивних пристроїв.

Важлива особливість: дані для зчитування NFC пристроями записуються і зберігаються в спеціальних транспондерах, що звуться також мітками.

Технологія NFC застосовується при виготовленні і використанні безконтактних пластикових карт. Найпоширенішим варіантом оплати за допомогою NFC є безконтактна оплата банківською картою. Наприклад, банківські картки Visa PayWave і MasterCard PayPass оснащені NFC-чіпами з мікроантеннами [3]. При купівлі карту досить піднести до терміналу, і зазначена сума буде списана автоматично. Процес займає менше п'яти секунд і не вимагає введення PIN-коду.

Існують стаціонарні і мобільні види зчитувачів. Стаціонарні зчитувачі кріпляться нерухомо на стінах, дверях, що рухаються складських пристроях. Мобільні мають порівняно меншою дальністю дії і часто не мають постійного зв'язку з програмою контролю і обліку. Мобільні зчитувачі мають внутрішню пам'ять, в яку записуються дані з прочитаних міток.

Переваги радіочастотної ідентифікації в порівнянні зі штрих-кодуванням:

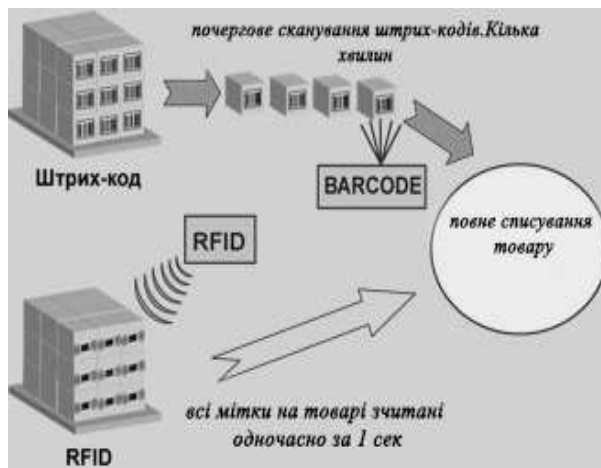
1. Можливість перезапису. Дані RFID-мітки можуть перезаписуватися і доповнюватися багато разів, тоді як дані на штрих-код не можуть бути змінені — вони записуються відразу при друку.

2. Відсутність необхідності в прямій видимості. RFID-зчитувачу не потрібно пряма видимість мітки, щоб завантажити її дані.

3. Багатоцільове використання. RFID-мітка може використовуватися для виконання інших завдань, крім функції носія даних. Штрих-код ж не програмуємо і є лише засобом зберігання даних.

4. Високий ступінь безпеки. Унікальне незмінне число-ідентифікатор, що присвоюється мітці при виробництві, гарантує високий ступінь захисту міток від підробки. Також дані на мітці можуть бути зашифровані. Радіочастотна мітка має можливість закрити паролем операції запису і зчитування даних, а також зашифрувати їх передачу. В одній мітці можна одночасно зберігати відкриті і закриті дані.

5. Підтримка читання декількох міток. Промислові зчитувачі можуть одночасно зчитувати більше тисячі RFID-міток за секунду, а пристрій зчитування штрих-коду може одноразово сканувати тільки один штрих-код, як показано на малюнку.



Впровадження даної технології дозволяє добитися вражаючого економічного ефекту, але передумовами його досягнення є точність стратегічного і оперативного планування, облік всього спектру ризиків використання, а також постійний контроль над реалізацією бізнес-процесів компанії. Поява технології RFID значно збільшила ефективність управління виробничими процесами, матеріальними потоками в сферах логістики і транспорту, роздрібної торгівлі та інших галузях економіки.

RFID-технології мають досить великі перспективи щодо використання в повсякденному житті. Здатність групового обліку об'єктів, стійкість до впливів навколишнього середовища і багаторазовість використання RFID-міток - незаперечна перевага RFID-технології перед іншими методами ідентифікації об'єктів обліку.

1. Зиборов І. А. Применения RFID технологий в деятельности различных субъектов хозяйствования. *Молодой ученый*. 2009. №12. С.17-22. URL: <https://habr.com/ru/post/161401>.

2. Григорьева А. Перспективы развития RFID-технологии: возможности и угрозы. URL: <https://sitmag.ru/article/9700-perspektivy-razvitiya-rfid-tehnologii-vozmozhnosti-i-ugrozy>.

3. Богданов А. NFC-чип. Как это работает. URL: <https://hi-news.ru/tag/nfc>.

ФІЛЬТРАЦІЯ ЗАВАД У ТЕПЛОВІЙ ДЕФЕКТОСКОПІЇ ПРИ ЗДІЙСНЕННІ КОНТРОЛЮ ГАЗОПРОВІДІВ

Ст. Д.І. Куликов

Кер. О.В. Мягкий

Харківський національний університет радіоелектроніки

Одним з найбільш ефективних методів виявлення дефектів в трубах високого тиску або газопроводах є тепловий метод. Так як за рахунок робочої речовини володіє певною теплою на поверхні труби утворюється характерне температурне поле, яке і дозволяє виявити дефекти викликані корозією і кавітацією, а так само зниження їх прохідності за рахунок появи сторонніх утворень всередині труби [1]. Але на достовірність такого методу серйозно впливають теплові поля утворені неоднорідностями на поверхні трубопроводу, але їх компенсація вимагає виділення їх кордонів.

Для виділення на інфрачервоному знімку цікавить області про- водиться нормалізація видимого зображення за допомогою двох реперних точок виділених на інфрачервоному знімку і на видимому зображенні. Нормалізація необхідна для отримання більш точного контуру цікавить області на інфрачервоному знімку. Після етапу підготовки зображень виділяються реперні точки на видимому зображенні всередині контуру даного нас об'єкта. Цей етап проводиться і на інфрачервоному знімку. Після цього відбувається перенос контуру з видимого зображення на інфрачервоному знімку.

За допомогою отриманого контуру об'єкта, що цікавить користувач може проаналізувати даний об'єкт на наявність цих зон використовуючи його температурні показники.

У дослідженнях були використані метод медіанної фільтрації та метод SUSAN [2].

Дана фільтрація придушила текстуру і спростила подальшу обробку. Результат при зоровому аналізі не справив значних змін, проте необхідність етапу фільтрації буде зрозуміла далі. Наступним кроком при підготовці видимого зображення є виділення контурів. Існує ряд методів дозволяють виділити контур на видимому зображенні: метод активних контурів, оператор Робертса, оператор Лапласа, різницевий метод. У розробленому програмному продукті представлений метод

Робертса і різницевий метод. Перед обробкою зображення даними методами необхідно провести попередню фільтрацію методом SUSAN. Результат використання оператора Робертса на зразок труби паропроводу (рис.1).

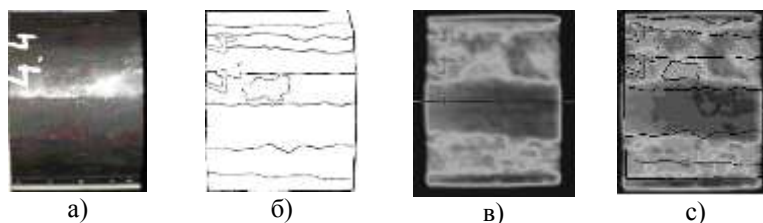


Рис.1. – Фото об'єкта (а), Результат обробки зображення оператором Робертса після фільтрації (б), початкова термограма (в), накладення (с).

Перед початком роботи алгоритму необхідно проводити фільтрацію, щоб зменшити дискретизацію зон згладжену фільтрацією, причому незалежно від того яким методом буде здійснюватися виділення контуру.

На даному етапі алгоритму реалізована функція накладення. Вона дозволяє поєднувати відфільтроване зображення з інфрачервоною знімку об'єкту. Результат роботи цієї функції представлений на (рис. 2)).

Описаний алгоритм дозволяє проводити обробку видимого зображення з подальшим зіставлення його з термограмою, що дозволяє компенсувати перешкоду (рис.2).

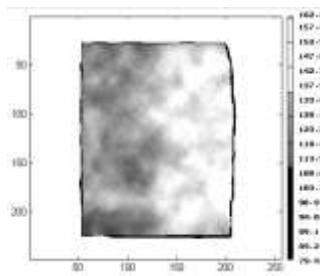


Рис.2. – Накладення зображень термографічного і відфільтрованого.

1. Стороженко В.А., Малик С.Б., Мягкий А.В. Оптимизация режимов тепловой дефектоскопии на основе теплофизического моделирования // Харків: НТУ «ХПИ» – №48. – 2008. – С. 84-91

2. Горячевская Д.В., Шевченко М.А. Современные тепловизоры для теплового контроля качества. – Актуальні проблеми фізики та їх інформаційне забезпечення: тези доповідей XI регіон. студ. наук. конфер. / Харків: НТУ «ХПИ», 2011. С.82-83.

ФІЛЬТРАЦІЯ ЗАВАД ВИКЛИКАНИХ НЕОДНОРІДНІСТЮ РЕГУЛЯРНОЇ СТРУКТУРИ В ТЕПЛОВОМУ НЕРУЙНІВНОМУ КОНТРОЛІ

Ст. О.Ю. Лучанінова

Кер. О.В. Мякий

Харківський національний університет радіоелектроніки

Стільникові конструкції є одним з найбільш поширених конструкційних матеріалів в авіації, космічній техніці та інших галузях де до надійності комплектуючих пред'являються підвищені вимоги.

Відомо, що для виявлення дефектів перспективно застосування активного методу теплового контролю [1,2], який поєднує в собі високу чутливість до виявлення подібних дефектів з високою чутливістю контролю.

Однак реалізувати потенційні можливості цього методу на практиці не вдається в наслідок значних перешкод, обумовлених неоднорідністю випромінювальної здатності поверхні стільникової структури і перешкоди за рахунок прояву регулярної структури зразка.

Метою цих досліджень був пошук шляхів придушення зазначених перешкод за рахунок створення алгоритмів обробки термограмм отриманих в результаті проведення теплового неруйнівного контролю.

Для досягнення мети використовувався теоретико-експериментальний підхід, що поєднує в собі побудову в собі побудова і аналіз теплофізичної моделі стільникової структури і проведення експерименту на реальних зразках з дефектами.

Однією з найбільш впливають на зображення перешкодою, є перешкода викликаній внутрішньої регулярною структурою зразка контролю так як не залежить від стану (дефектності) (рис.1) зразка і присутній у всіх виробках складної внутрішньої структури (рис. 2).

Існує два найбільш простих і ефективних методу усунення цієї перешкоди. Перший метод передбачає точне знання регулярних неоднорідностей об'єкта контролю і створення маски (зображення повторює неоднорідності зразка). З подальшим його «відніманням» з основного зображення.

Представлений метод значно підвищує ймовірність виявлення і якість визначення параметрів дефекту.

Недоліком такого методу є те, що в разі помилки накладення

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМОГРАФІЧНИМИ ЗАСОБАМИ ВЕЛИЧИНИ ЗМЕНЬШЕННЯ ПРОХІДНОСТІ У ТРУБОПРОВОДАХ

Ст. В.А. Веснянка

Кер. О.В. Мякий

Харківський національний університет радіоелектроніки

Для підвищення ефективності і надійності роботи трубопроводів на підприємствах проводяться очищення внутрішньої порожнини трубопроводів, що пов'язане зі значними матеріальними витратами. Одним із шляхів скорочення цих витрат могло б служити отримання попередньої інформації про рівень забруднення трубопроводів, зокрема, про рівні накопичення шламу, або рідини у порожнині трубопроводу. [1]

Для вирішення цього завдання була висунута гіпотеза про використання безконтактного термографічного методу. Вона ґрунтується на тому що виходить дим, продукти горіння і плавки, виходячи в трубопровід, має високу щодо навколишнього середовища температурою, тоді як шлам, очевидно, має температуру, близьку до температури трубопроводу. Крім того, газ і шлам мають різні теплофізичні характеристики (ТФХ), що в підсумку повинно викликати нерівномірність температурного поля на поверхні трубопроводів, за умови наявності шламу [2].

Для перевірки цієї гіпотези були проведені теоретичні та експериментальні дослідження, результати яких наведені нижче.

Об'єкт контролю (ОК) представляється у вигляді циліндра з неоднорідністю (дефектом). Дефект у вигляді потовщення стінки моделюваний виступом всередині ОК, глибиною і розміром.

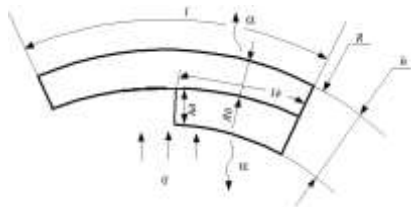


Рис. 1. Об'єкт контролю потовщення труби трубопроводу.

Відповідно до обраної моделі рішення здійснюється при граничних умовах 2-го і 3-го роду на зовнішніх поверхнях ОК:

$$h = H \quad \left(\lambda(\vec{r}, t) \frac{\partial T(\vec{r}, t)}{\partial n} \right) \Big|_S = \alpha \left(T(\vec{r}, t) \Big|_S - T_{\text{среди}} \right) - q(\vec{r}, t) \quad (1)$$

$$h = 0 \quad - \lambda(\vec{r}, t) \frac{\partial T(\vec{r}, t)}{\partial n} \Big|_S = -\alpha \left(T(\vec{r}, t) \Big|_S - T_{\text{среди}} \right) \quad (2)$$

де $T(\vec{r}, t)$ - температура об'єкта контролю; $\lambda(\vec{r}, t)$ коефіцієнт теплопровідності (в загальному випадку може залежати від температури), Вт / м • К; $q(\vec{r}, t)$ - щільність потоку тепла, Вт / м²; α - коефіцієнт тепловіддачі, Вт / м² • К; ρ - щільність речовини, кг / м³. R_0 - радіус на якому знаходиться дефект, м; R - радіус на якому знаходиться, м; h - товщина ОК, м;

Співвідношення (1, 2) відображають реальні умови проведення ТДС, тобто нагрів ОК зовнішнім джерелом тепла і наявність теплообміну з навколишнім середовищем. [3, 4]

Математична модель процесу ТДС ґрунтується на рішенні диференціального рівняння нестационарної теплопровідності (1,2) записаного для обраної циліндричної системи координат.

Отримані експериментальні дані підтверджують принципову можливість застосування термографічного методу для контролю товщини шламу в трубопроводі. При цьому метод володіє такими важливими достоїнствами як безконтактність і швидкодія.

Виникає через наявність шламу температурний перепад на поверхні труби залежить від різниці температур навколишнього середовища і виведених продуктів горіння і плавки, що обумовлює більш високу чутливість методу при проведенні контролю в зимовий період.

1. Капцов И.И. Сокращение потерь газа на магистральных газопроводах. – М.; Недра, 1988. – 431с.
2. Експлуатаційник газонафтового комплексу. Довідник / В.В. Розгонюк, Л.А. Хачикян, М.А. Григіль та ін. – Київ. Росток, 1998. – 431с.
3. Лыков А.В. Теория теплопроводности. – М.; Высшая школа. – 1967. – 599с.
4. Физические величины: Справочник: Под ред. И.С. Григорьева, Е.З. Михайлова – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 1232 с.

ЕЛЕКТРОННО-МІКРОСКОПІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ, ОТРИМАНИХ ВАКУУМНО-ДУГОВИМ МЕТОДОМ

Ст. К.О. Тарасенко

Кер.: А.В. Таран, О.Г. Багмут

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»*

Для захисту виробів від корозії в даний час широко використовується вакуумно-дугове осадження покриттів як одношарових, так і тих, що складаються з двох і більше шарів різних матеріалів [1-3]. Промисловому виробництву задовольняють можливості методу, які обумовлені особливостями використовуваної в ньому вакуумної дуги, коли метал випаровується з поверхні катода завдяки високій концентрації енергії в катодній плямі електричної дуги. Оскільки технологічні властивості плівок і покриттів залежать не тільки від складу, але і від структури, в роботі досліджено структуру тонкоплівкових зразків Zr-Ti-Zr-Ti, отриманих вакуумно-дуговим осадженням при кімнатній температурі підкладки.

Плівки отримували на установці типу "Булат" з двома джерелами плазми вакуумно-дугового розряду. Одне з джерел містив катод з титану, а другий з цирконію. Подробиці методу описані в [2]. Структуру плівок досліджували методами електроннографії і просвічуальної електронної мікроскопії з використанням приладів ЕМ-100Л та ПЕМ-100-01 при прискорювальній напрузі 100 кВ.

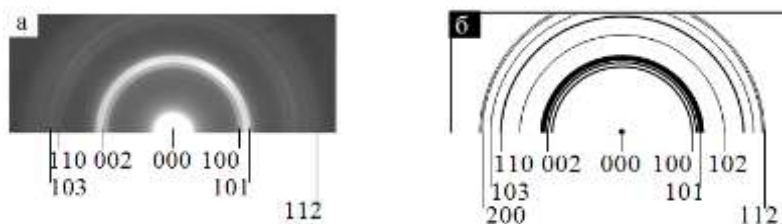


Рис. 1. Експериментальна електроннограма плівкової композиції Zr-Ti-Zr-Ti (а) і теоретична електроннограма полікристала зі структурою ГЦУ (б)

На рис. 1а дана експериментальна електронограма плівкової композиції Zr-Ti-Zr-Ti, отриманої після розгерметизації випарної камери. Результати її розшифровки згідно з [4] зведені в таблицю. Обчислені за виміряним діаметрами кілець D міжплощинні відстані d порівнювали з літературними даними, що містяться в таблицях International Centre for Diffraction Data - JCPDC.

Таблиця.

Результат розшифровки електронограми, наведеної на рис. 1а

i	Вимірювання		Файл 01-1147			
	$d, \text{\AA}$	D_i/D_1	$d (\text{\AA})$	hkl	I	D_i/D_1
1	2.741	1.00	2.780	100	31	1.00
2	2.553	1.07	2.560	002	20	1.09
3	2.375	1.15	2.440	101	100	1.14
			1.880	102	18	
4	1.607	1.71	1.610	110	18	1.73
5	1.483	1.85	1.469	103	18	1.89
			1.399	200	3	
6	1.352	2.03	1.360	112	15	2.04

Примітка: i - номер кільця електронограми; D_i/D_1 - відношення діаметру кільця під номером i до діаметру кільця під номером 1; d - міжплощинна відстань; hkl - індекси Міллера площин; I - інтенсивність відбиття.

Задовільний збіг даних експерименту і даних таблиць мав місце лише для цирконію гексагональної модифікації з параметрами елементарної комірки $a = 0.323$ нм та $c = 0.514$ нм (файл 01-1147). Для порівняння на рис. 1б наведена теоретична електронограма полікристала зі структурою ГЦУ. Відображення, пов'язані з оксидними фазами і кристалічним титаном, на експериментальній електронограмі відсутні.

Електронно-мікроскопічне зображення структури плівки Zr-Ti-Zr-Ti безпосередньо після осадження наведено на рис. 2а. Плівка дрібнокристалічна, середній розмір зерен не перевищує 0,04 мкм. В результаті радіаційного відпалу, проведеного електронним променем в колоні мікроскопа згідно, [5], середній розмір зерен в плівці збільшується до $\sim 0,28$ мкм. Гексагональна структура не зберігається, про що

свідчить картина мікро-дифракції, яка наведена в лівому верхньому кутку рис. 2б.

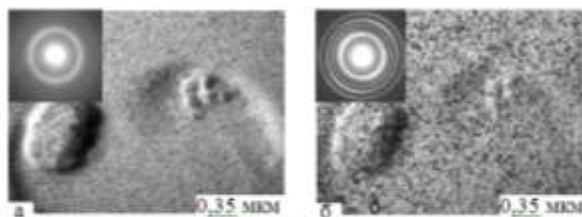


Рис. 2. Електронно-мікроскопічне зображення плівкової композиції Zr-Ti-Zr-Ti після осадження (а) і після радіаційного відпалу в колоні мікроскопа (б). У лівому верхньому кутку кожної мікрофотографії наведена відповідна картина мікродифракції.

[1] Азаренков Н.А., Соболев О.В., Погребняк А.Д., Береснев В.М. Инженерия вакуумно-плазменных покрытий. Монография. Харьков, 2011. 342 с.

[2] Лунёв В.М., Непипенко И.П., Решетняк Е.Н., Колодий И.В. Характеристики вакуумно-дуговых покрытий из чередующихся слоев TiN/TiNCu. ФП ФИП PSE. 2011. № 2. С. 125-133.

[3] Skoblo T.S., Romaniuk S.P., Sidashenko A.I., Garkusha I.E., Taran V.S., Taran A.V., Muratov R.M. Surface Morphology and Mechanical Properties of Vacuum-Arc Evaporated CrN and TiN Coatings on Cutting Tool. Journal of Advanced Microscopy Research. 2018. № 4. P. 477-481.

[4] Багмут А.Г., Багмут И.А., Косевич В.М., Николайчук Г.П., Резник Н.А. Электронная микроскопия. Сборник лабораторных работ и задач с решениями. Х.-: 2016. 228 с.

[5] Багмут А.Г. Электронная микроскопия пленок, осажденных лазерным испарением. Монография. Харьков, 2014. 304 с.

ВПЛИВ ЕЛЕКТРОННОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА СТРУКТУРУ ТА ОПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ШАРІВ СУЛЬФІДУ КАДМІЮ

Ст. Д.С. Шкода

Кер.: А.І. Доброжан, Г.І. Копач

Національний технічний університет «ХПІ»

Сонячні елементи на основі гетеросистеми CdS/CdTe вважаються перспективними для космічного використання. Зазвичай при довгостроковому впливі високоенергетичного іонізуючого випромінювання при заатмосферному використанні сонячних елементів за рахунок процесів деградації слід очікувати погіршення їх вихідних параметрів. Причиною цього може бути зміна властивостей матеріалу широкозонного вікна CdS і базового шару CdTe під дією зовнішніх випромінювань, одним з яких в космічному просторі є електронне випромінювання. Тому актуальним є дослідження впливу електронного випромінювання на структурні та оптичні властивості тонких плівок CdS.

Плівки CdS були отримані на скляних підкладках магнетронним розпиленням на постійному струмі. Плівки CdS отримані в режимі: температура підкладки $T_{\text{п}} = 150\text{-}160^{\circ}\text{C}$, тиск інертного газу аргону $P_{\text{арг}} = 0.9$ Па, струм магнетронного розряду $I = 40$ мА, напруга на магнетроні $V = 300 - 340$ В, час нанесення $\tau = 10$ хв, відстань від підкладки до мішені 3 см. Структурні властивості плівок були досліджені методами рентгendifрактометрії за допомогою рентгendifрактометра ДРОН-4 у K_{α} -випромінюванні молібденового аноду. Оптичні властивості плівок (спектри пропускання та відбиття) досліджені за допомогою спектрофотометру СФ-2000.

Аналіз рентгendifрактометричних даних у вихідному стані плівки CdS виявив одне віддзеркалення для піка (002) гексагональної модифікації на куті 12.03° . Постійна кристалічної ґратки c для даного зразка становила $c = 6.77(01)$ Å, що на 0.74 % відрізняється від табличного значення для гексагонального CdS (PCPDFWIN #41-1049, $c = 6.7198$ Å). Результати оптичних досліджень свідчать, що у видимій та інфрачервоній області спектру середня прозорість плівок CdS становить 85 %. Розрахований середній коефіцієнт заломлення становить

$n = 2.34 - 2.51$, товщина отриманого шару сульфіді кадмію $t = 360$ нм. Ширина забороненої зони становила $E_g = 2.42$ еВ.

Далі плівки сульфіді кадмію було опромінено електронним випромінюванням за адаптованою методикою з енергією квантів 20 кеВ протягом 600 секунд з використанням штатного растрового електронного мікроскопу. Площа опромінення становила $0,5 \text{ см}^2$, струм катоду $5 \cdot 10^{-5} \text{ А}$, напруга 20 кВ. Після цього було знову досліджено кристалічну структуру та оптичні властивості зразків.

Після опромінення плівки CdS виявлено структурні зміни – у рефlekса гексагональної фази (002) на куті 12.04° виявлено збільшення інтегральної інтенсивності, а постійна кристалічної ґратки c , яка становила $c = 6.76(35) \text{ \AA}$, на 0.65 % відрізняється від табличного значення. Значення ширини піку (002) збільшується від 0.24 град у вихідного зразка шару сульфіді кадмію до 0.28 град. Спектральна залежність коефіцієнту пропускання залишилася незмінною в межах похибки вимірювань, від так, середні значення n та E_g обробленого зразка аналогічні тим, які були до опромінення.

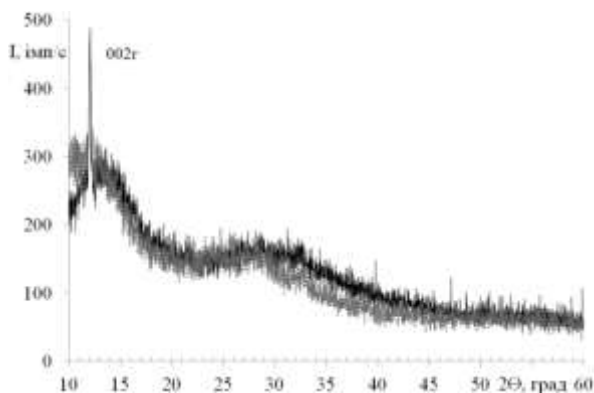


Рис. 1. – Рентгендифрактограма зразку сульфіді кадмію до опромінення електронним випромінюванням (чорний колір) та після впливу електронного випромінювання (пунктир).

Таким чином, оптичні характеристики напівпровідникових плівок, що отримані методом магнетронного розпилення на постійному струмі, виявилися нечутливими до опромінення електронним випромінюванням.

МЕТАЛЕВЕ СКЛО

Ст.: Ю.О. Варфоломєєва, А.А. Гнатюк

Кер.: Д.Б. Глушкова, Н.Л. Дьяконенко¹

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

¹ Національний технічний університет «ХПІ»

Скло вважають одним з найсучасніших матеріалів: вікна, посуд, оптичні прилади, волоконно-оптичні кабелі, фасади хмарочосів, художні вироби, тканини та інше.

Найважливішими властивостями скла, що визначають умови використання, є ізотропність, в'язкість, крихкість, прозорість, зручність обробки, хімічна стійкість, низька теплопровідність, невеликий коефіцієнт лінійного розширення, дешевизна. Але, якщо поєднати фізичні властивості скла (крихкі й течкі) і металу (жорсткі й міцні), це буде металеве скло. Відомо з 1960-х років, що можна перетворити окремі сплави на металеве скло, швидко охолоджуючи їх: сотні градусів за частки секунди. Таким чином отримати сплав, який поводить себе як метал і скло. Деякі з них утричі міцніші за титан і мають модуль пружності кістки, але при цьому надзвичайно легкі. Вони також значно простіші в обробці, ніж метали.

Наприклад, армоване скло Gorilla Glass покриває телефони, телевізори й іншу побутову електроніку, тому вона не розбивається після падіння. Ругех, який використовують у дзеркалах для телескопів і випікання, є термостійким. В ідеалі потрібен тип скла, за допомогою якого можна будувати літаки, автомобілі, будинки і навіть космічні кораблі. На даний час для цього застосовується сталь. Але металеве скло має краще поєднання властивостей за будь-яку сталь, тому має можливість перетворити світ.

Чому так не трапляється? Тому що експериментальні дослідження не мають достатнього обґрунтування - немає чіткого зв'язку між атомною структурою та здатністю утворювати скло. З'ясування атомної структури скла є однією з найважливіших, але нерозв'язаних проблем у науці. Скло, яке є аморфною твердою речовиною, має у своєму складі атоми, розташовані в хаотичній випадковій структурі, а в металах - у впорядкованій решітці. Прогнозувати здатність до утворення скла за атомною структурою та передбачити, яка комбінація металів зробить кращі види металевого скла дозволяє модель атомної

структури металевго скла. У дослідженні, опублікованому в журналі Nature [1] було досліджено біля 200 нових металевих скляних сплавів на основі титану, магнію, срібла, міді та цинку. Механічні та фізичні властивості таких сплавів сильно залежать від концентрацій хімічних елементів. Коли правильна комбінація елементів нагрівається або охолоджується за визначених температур з визначеною швидкістю, утворюються матеріали з унікальними властивостями.

Правильна комбінація виникає, коли локальна упаковка атомів навколо неосновних (розчинених) атомів і зв'язки між різнорідними атомами сприяють виникненню структуроутворюючих кластерів. Ефективна упаковка досягається при визначених співвідношеннях радіусів між атомами розчиненої речовини та розчинника, які дають збіднені кластери з центральним атомом розчиненої речовини, оточеним атомами розчинника. Найстабільніші види скла звичайно багаті на розчинені речовини, де перша координаційна сфера розчиненого атома містить атоми розчиненої речовини та розчинника.

Шляхом дослідження структурних дефектів, які перешкоджають утворенню металевго стекла, знаходяться відповіді, як забезпечити ефективну упаковку одночасно навколо кожного атома в склі; відносні розміри й концентрації атомів та різні кластери, які вони створюють для самоузгоджених складів. На жаль, це можливо лише для невеликої кількості бінарних структур. Але додаткові ступені свободи в структурах з трьома або більш різними розмірами атомів значно розширюють число відносно стабільних, «об'ємних» видів металевго скла.

Запропонована структурна модель виявила існування нових потрійних раніше не відомих систем металевго скла: $\text{Mg} - \text{Ag} - \text{Yb}$; $\text{Mg} - \text{Pd} - \text{Ca}$ и $\text{Mg} - \text{Pd} - \text{Yb}$. Також була знайдена найвища температура склування для будь-якого скло утворюючого металевго сплаву на основі Mg (**485 K** для $\text{Mg}_{67.5} \text{Pd}_{25} \text{Ca}_{7.5}$).

Залежність товщини скла від середньої ефективності упаковки навколо n складових атомів показала, що сплави $\text{Pd} - \text{Ni} - \text{P}$ и $\text{Ca} - \text{Mg} - \text{Zn}$ мають максимальну аморфну товщину, коли середня ефективність упаковки близька до 100%. Аморфна товщина значно зменшується, коли атоми перепаковані або недостатньо упаковані.

1. Law K.J., Miracle D.B., Ferry M. A predictive structural model for bulk metallic glasses. *Nature Communications*. 2015. volume 6, Article number: 8123.

ПРИКЛАДИ СИСТЕМ З РЕЛАКСАЦІЙНИМИ КОЛИВАННЯМИ ТА ЇХ ЗОБРАЖЕННЯ НА ФАЗОВІЙ ПЛОЩИНІ

Ст. Д.А. Долгополова¹

Кер.: В.О. Луках², Є.С. Сиркін³

¹Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

²Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»

³ФТІНТ імені Б. І. Веркіна НАН України

Будь-яка автоколивальна система має тіло, що коливається, джерело енергії та коло зворотного зв'язку. Амплітуда та період автоколивань не залежать від початкових умов, а визначаються лише параметрами системи, при цьому коливання є незгасаючими. Автоколивальні системи є суттєво нелінійними за своєю природою [1].

У нашій роботі ми розглянули (на прикладі схеми з неоновією лампою) окремий вид автоколивань – релаксаційні коливання, в яких, окрім активного опору R , існує також реактивний опір, ємність C . Наявність реактивного опору призводить до того, що струм у колі змінюється експоненційно, з характерним часом релаксації $\tau=RC$.

Прикладами релаксаційних систем є геотермальні гейзери, терморегульовані системи, лампові генератори електромагнітних коливань, биття серця, землетруси, рипіння крейди по дошці, тощо.

Наявність реактивного опору ємності C , дає можливість досліджувати процес запалення неоновієї лампи. У нашій системі можливі 2 принципово різних режими горіння: режим стійкого горіння та режим появи релаксаційних коливань.

Умова для виникнення режиму стійкого горіння:

$$R < R_{\text{кр}} = \frac{E - U_2}{I_2},$$

де U_2 – напруга гасіння, E – ЕДС джерела струму.

Умова виникнення релаксаційних коливань:

$$R > R_{\text{кр}} = \frac{E - U_2}{I_2}$$

При виникненні релаксаційних коливань після першого запалення або гасіння неонові лампи встановиться періодичний процес з періодом:

$$T = \frac{U_1 - U_2}{E} \tau,$$

де U_1 – напруга запалення.

При цьому коливання будуть складатися з двох процесів, що чергуються: зарядження конденсатора C через опір R при погашеній лампі та розрядження конденсатора через запалену неонову лампу.

Фазовий портрет цього процесу зображено на Рис. 1.

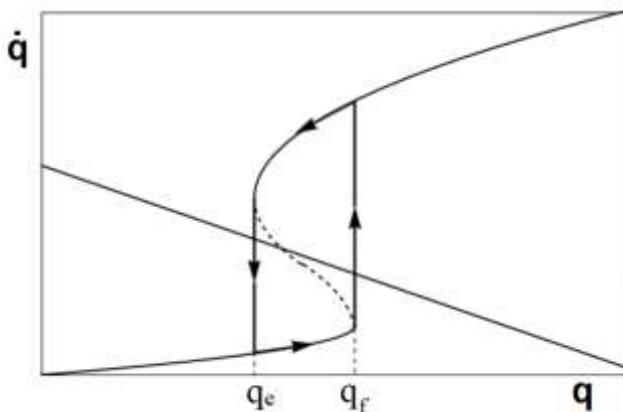


Рис. 1. Фазовий процес у системі з неоновією лампою.

q_e – заряд конденсатора при гасінні лампи, а q_f – при запаленні.

[1] А. А. Андронов, А. А. Витт, С. Э. Хайкин, *Теория колебаний* (Наука, Москва, 1981).

АНАЛІЗ ЗОБРАЖЕНЬ В ГРАВІТАЦІЙНІЙ ЛІНЗІ АНАЛІТИЧНИМИ ЗАСОБАМИ

Ст.: Л.А. Котвицька¹, Є.С. Бронза²

¹ХНУ ім.В.Н.Каразіна

²Харківський національний університет радіоелектроніки

N - точкова гравітаційна лінза задається наступною системою рівнянь [1,2]

$$\begin{cases} y_1 = x_1 - \sum_{i=1}^N m_i \frac{x_1 - a_i}{(x_1 - a_i)^2 + (x_2 - b_i)^2} \\ y_2 = x_2 - \sum_{i=1}^N m_i \frac{x_2 - b_i}{(x_1 - a_i)^2 + (x_2 - b_i)^2} \end{cases}, \quad (1)$$

де m_i безрозмірні точкові маси, а (a_i, b_i) їх координати в площині лінзи (x_1, x_2) , (y_1, y_2) - координати джерела.

Для лінзи Шварцшильда (1) приймає вигляд:

$$\begin{cases} y_1 = x_1 - \frac{x_1}{x_1^2 + x_2^2} \\ y_2 = x_2 - \frac{x_2}{x_1^2 + x_2^2} \end{cases}. \quad (2)$$

Як показано в [3] система (2) має два розв'язки, при цьому один розв'язок є інверсія іншого відносно одиничного кола, причому вони знаходяться на одній прямій, що проходить через центр інверсії по різні боки від нього. Такі точки є спряженими. Якщо координати першого розв'язку (зображення) (g_1, g_2) , то координати другого:

$$-\frac{g_1}{g_1^2 + g_2^2}, -\frac{g_2}{g_1^2 + g_2^2} \quad (3)$$

Доведення цього факту здійснюється підстановкою (3) в (2). Використовуючи цей факт доведемо наступне твердження:

Теорема. Якщо одне зображення в лінзі Шварцшильда є коло, то і друге зображення також є колом.

Доведення. Нехай перше зображення є коло, яке задане рівнянням

$$(x_1 - \alpha_1)^2 + (x_2 - \beta_1)^2 - r_1^2 = 0, \quad (4)$$

де (α_1, β_1) координати центра кола, а r_1 - її радіус.

Нехай (x_1, x_2) - точка кола (4) та спряжена з нею точка має координати (g_1, g_2) . Тоді маємо:

$$x_1 = -\frac{g_1}{g_1^2 + g_2^2}, \quad x_2 = -\frac{g_2}{g_1^2 + g_2^2}. \quad (5)$$

Підставляючи (5) в (4) отримаємо:

$$\left(g_1 + \frac{\alpha_1}{\alpha_1^2 + \beta_1^2 - r_1^2}\right)^2 + \left(g_2 + \frac{\beta_1}{\alpha_1^2 + \beta_1^2 - r_1^2}\right)^2 = \frac{r_1^2}{(\alpha_1^2 + \beta_1^2 - r_1^2)^2}. \quad (6)$$

Рівняння (6) є рівняння кола. Таким чином, спряжене зображення є колом радіуса r_2 з центром в точці (α_2, β_2) , де

$$\alpha_2 = -\frac{\alpha_1}{\alpha_1^2 + \beta_1^2 - r_1^2}, \quad \beta_2 = -\frac{\beta_1}{\alpha_1^2 + \beta_1^2 - r_1^2}, \quad r_2 = \frac{r_1}{\alpha_1^2 + \beta_1^2 - r_1^2}. \quad (7)$$

Можна показати, що орієнтоване коло має спряжене коло з протилежною орієнтацією.

З формули (7) випливає, що центри двох кіл (4) і (6) не є спряженими точками. Кожен з центрів спряжений з іншою точкою, яка не є центром.

1. Schneider P., Ehlers J., Falco E.E. Gravitational lenses. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1999. 560 p;
2. Захаров А.Ф., Гравитационные линзы и микролинзы. Москва. 1997. 328 с;
3. S. D. Bronza, Ju. V. Svyrydova, L. A. Kotvytska. The analysis of images of a circular source in n-point gravitational lenses. *Odessa Astronomical publications*. 2018. №31. P. 6-10.

ІНЖЕНЕРНА СЕКЦІЯ



ФІЗИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАФІЇ

Ст. Д.В. Пікалов

Кер. Г.О. Човпан

Харківський національний медичний університет

Сучасна функціональна діагностика має найрізноманітніші інструментальні методи дослідження. Найпоширенішим і доступним методом дослідження є електрокардіографія, яка застосовується в основному в кардіології. Але вона також успішно використовується і при дослідженні хворих із захворюваннями нирок, легень, ендокринних залоз, печінки, системи крові, а також в онкології, педіатрії, геріатрії, спортивній медицині і т.д.

Електрокардіографія (ЕКГ) – реєстрація біопотенціалів, що виникають у серцевому м'язі при його збудженні [1]. Однією з основних завдань теоретичної електрокардіографії є обчислення розподілу трансмембранного потенціалу клітин серцевих м'язів за потенціалом, виміряним поза серця.

Фізичний підхід до реєстрації біопотенціалів полягає в створенні (виборі) моделі електричного генератора, який відповідає картині потенціалів, які «знімаються». У зв'язку з цим тут виникають дві фундаментальні теоретичні задачі: розрахунок потенціалу в галузі вимірювання за заданими характеристиками електричного генератора (моделі) – пряма задача, розрахунок характеристик електричного генератора за виміряним потенціалом – зворотна задача.

Все серце в електричному відношенні представляється як деякий еквівалентний електричний генератор або суто здогадно, або у вигляді пристрою – сукупності електричних джерел в провіднику, які мають форму тіла людини. Під час функціонування еквівалентного електричного генератора, на поверхні провідника буде створюватися електрична напруга, яка в процесі діяльності серця виникає на поверхні тіла людини. Припускають, що середовище, що оточує серце, безмежне і однорідне з питомою електричною провідністю [2].

В цьому випадку для потенціалу в деякій точці можна записати наступну формулу:

$$\varphi = \frac{A}{r} + \frac{B}{r^2} + \frac{C}{r^3} + \dots,$$

де А, В, С – деякі коефіцієнти, r – відстань, від точки, в якій визнача-

ється напруженість поля, до точки, в якій знаходиться заряд.

Це означає, що в мультипольного еквівалентному генераторі серця основна частина в потенціал на поверхні тіла людини вноситься його дипольною складовою. Інакше кажучи, моделювати електричну діяльність серця цілком допустимо, якщо використовувати дипольний еквівалентний електричний генератор.

Основою біофізичної інтерпретації електричних явищ, пов'язаних з роботою серця, є концепція теорії електрокардіографії, яка була запропонована в 1903 році нідерландським фізіологом Віллемом Ейнтховеном.

1. Серце – струмовий диполь. Ділянка міокарда, що збуджена, заряджена негативно відносно ділянки, що має незбуджений стан.

2. Диполь знаходиться в однорідному провідному ізотропному середовищі, що виконується з достатньою точністю для тканин організму. Під час серцевого циклу вектор дипольного струмового моменту серця (\vec{D}) змінюється за напрямком та величиною. Вважається, що його початок є нерухомим та розташовується в синусному вузлі серця. Векторний кінець протягом серцевого циклу описує складну просторову криву. Її проекція на фронтальну площину під час серцевого циклу утворює три петлі [3].

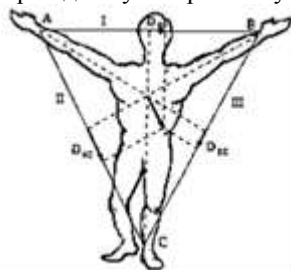


Рис. 1. Трикутник стандартних відведень.

За термінологією фізіологів, відведенням називають різницю біопотенціалів, що реєструється між двома точками тіла. Визначають 3

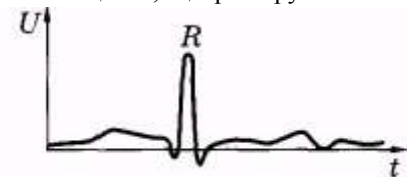


Рис. 2. Нормальна електрокардіограма людини в одному з відведень.

відведення: I (права рука – ліва рука), II (права рука – ліва нога) і III (ліва рука – ліва нога) [2].

За В. Ейнтховеном, серце знаходиться в центрі трикутника. Через те, що електричний момент диполя – серця – з часом змінюється, у відведеннях будуть отримані тимчасові напруги, які і називають електрокардіограмами.

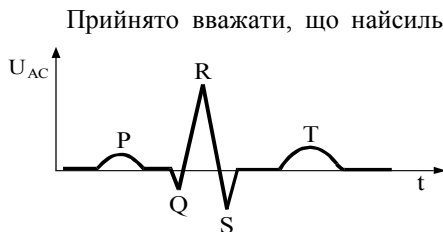


Рис. 3.

Виходячи з цього, на електрокардіограмі можна визначити типові піки (зубці), які визначають літерами P, Q, R, S, T. З усіх, з трьох петель, що описують кінець вектора серця під час серцевого циклу, зубець P пов'язують з першою петлею, зубці QRS з – другою, а зубець T – з третьою.

Зазвичай найбільше значення різниці потенціалів, яке відповідає піку R у другому відведенні, складає число, близьке до 1 мВ. Зубець P показує електричні процеси, які передують систолі передсердь. Тобто він показує проходження хвилі потенціалу дії м'язовими волокнами передсердь. Система зубців QRS зумовлена проходженням йонних струмів під час утворення потенціалів дії в м'язових волокнах шлуночків, які є основою їхньої систоли. Зубець T видно під час діастолі (розслаблення міокарда) і показує процеси відновлення попередніх потенціалів (реполяризації) мембран клітин міокарда. Дані процеси, що пов'язані з йонними струмами, проходять через мембрани м'язових волокон під час роботи в цих волокнах калій-натрієвого насоса.

Зіставляючи криві, зареєстровані в трьох відведеннях, можна свідчити про характер зміни ритму серця за цикл його роботи, на підставі чого і складається уявлення про стан нервово апарату вцілому.

1. Подколзина В.А. Медицинская физика. Воронеж, 2007. 19-20 с.;
2. Электрокардиография. Физические основы электрокардиографии. Усилитель электрокардиографа. URL: <https://vunivere.ru/work5005> (дата звернення: 16.03.2019);
3. Антюфеева О.І., Батюк Л.В., Бондаренко М.А. та ін. Медична та біологічна фізика: під ред. професора В.Г. Кнігавко. Харків, 2013. Кн. 2. 9-15 с.

ВИЗНАЧЕННЯ КРИТЕРІЇВ ВІДБРАКОВУВАННЯ МАШИННОЇ ОЛИВИ З ДИСПЕРСНИМ ФЕРОМАГНІТНИМ ПОРОШКОМ

Ст. К.В. Себко

Кер. Т.Н. Шелест

Національний технічний університет «ХПІ»

На теперішній час особливе значення у сучасній промисловості набувають дослідження магнітних рідин. Застосування магнітних рідин має тенденцію до подальшого поширення особливо в останній час, у зв'язку з безперервним розвитком машинобудівної галузі, металургії, приладобудівної галузі та ін. При цьому, завдяки поєднанню магнітними рідинами плинності, а також здатності до взаємодії з джерелами зовнішніх магнітних полів, ці рідини мають необхідні хіміко-технологічні, механіко-магнітні, термомагнітні та термоелектричні властивості, що у свою чергу, надає можливість їх подальшого використання, у якості робочого середовища, у занурювальних електродвигунах, екологічних апаратах для очищення водних середовищ від нафтопродуктів, у якості демпферів приладів вимірювальної техніки і робочих тіл механічних пристроїв. Таким чином, класична магнітна рідина (МР) – це унікальний технологічний штучно синтезований матеріал, якому притаманні плинність та магнітокерувальні властивості. Слід визначити, що оскільки електричний струм створює своє магнітне поле, магнітні частки порошку притягуються одна до одної створюючи монолітну структуру стрижня.

Слід зазначити, що знання про фізико-механічні характеристики охолоджуючих рідин на промислових виробництвах машинобудівної та приладобудівної галузі, є необхідними для прийняття рішень стосовно їхнього відбраковування. Наприклад, у машинній оливі під час виробництва деталей промислового обладнання, може з'являтися великий відсотковий вміст часток металевих порошків, що у свою чергу, призводить до раннього зносу деталей механізмів, які підлягають тертю. Якщо такий порошок потрапляє в деталі механізмів, що піддаються тертю, це може викликати відмову, а іноді і повільне руйнування механічного пристрою. Тому важливим є питання контролю якості магнітних рідин. Якщо взяти пробу забрудненого мастила, наприклад, з картера електродвигуна або з іншого резервуару, а потім визначити

інформативні параметри досліджуваної проби: температуру t_p , зразка, відносну магнітну проникність μ_{tr} , питомий електричний опір ρ_p та інші фізико-хімічні параметри, то можна зробити висновки щодо технічного стану охолоджувальної рідини.

Для визначення температури зразка рідини було обрано напівпровідниковий терморезистор (НТР). НТР це термометр за допомогою якого температура визначається за зміною електричного опору. Перевагами НТР у порівнянні з іншими тепловими пристроями, насамперед є: відносно прості схеми включення і висока точність вимірювання температури; малогабаритність конструкції, це дозволяє визначати температуру об'єкту практично локально; слабкий вплив індуктивності чутливого елементу при роботі терморезистора на постійному та змінному струмі; слабкий вплив перетворювача на вимірювану температуру (це вимога пов'язана з мінімальним відхилом тепла або з віддачею тепла в середовище температура якого змінюється); висока точність вимірювання температури і відсутність істотного впливу зовнішніх факторів.

Всім цим вимогам відповідає НТР так званого бусинкового типу, який рекомендується застосовувати для вимірювань температури машинної оливи з дисперсним феромагнітним порошком. Необхідно також враховувати таку величину як температурний коефіцієнт опору (ТКО) α , який показує наскільки збільшується, або зменшується питомий опір металу при нагріванні або охолодженні. Температурний коефіцієнт опору (ТКО) НТР від'ємний і зменшується обернено пропорційно квадрату абсолютної температури:

$$\alpha = -\frac{B}{T_0^2} \quad (1)$$

Температурна залежність опору напівпровідникових терморезисторів описується функцією перетворення:

$$R = Ae^{B/T}, \quad (2)$$

де T – абсолютна температура; A – коефіцієнт, який має розмірність опору; B – коефіцієнт, який має розмірність температури.

Особливий інтерес представляють мініатюрні напівпровідникові терморезистори, які дозволяють вимірювати температуру малих об'єктів з мінімальними викривленнями режимів роботи, а також температуру, яка змінюється у часі (наприклад, СТ1-18), все це, у свою чергу, є істотною перевагою у порівнянні з іншими тепловими пристроями.

Охолоджуюча рідина з феромагнітним порошком змінює температуру в діапазоні від 30 до 70°C. Тому виникає необхідність спільного визначення температурних, електричних і магнітних параметрів. При цьому, пропонується визначення відносної магнітної проникності μ_{rp} та питомого електричного опору ρ_p на основі непрямих вимірювань, тобто знаючи температуру, визначаємо електромагнітні параметри за допомогою залежностей опору та μ_{rp} досліджуваної рідини в діапазоні від 20 до 150°C. В досліджуваному діапазоні електромагнітні параметри зразка машинної оливи корелюють з температурою.

Залежність питомого електричного опору ρ_p від температури t_p зразка має наступний вигляд:

$$\rho_t = \rho_1 + \frac{\rho_1 \alpha_\rho}{1 + \alpha_\rho t_1} (t - t_1), \quad (3)$$

де α_ρ – температурний коефіцієнт опору (ТКО), який є відомим з довідкової літератури, або визначається експериментально; ρ_1 – питомий електричний опір при початковій температурі $t_1 = 20^\circ\text{C}$.

Відносна магнітна проникність μ_r являється коефіцієнтом посилення магнітного поля безпосередньо у середовищі. Двочленна залежність відносної магнітної проникності досліджуваної рідини від температури в діапазоні від 20 до 150 °C, має наступний вигляд:

$$\mu_{rt} = \mu_{r1} + \frac{\mu_{r1} \alpha_\mu}{1 + \alpha_\mu t_1} (t - t_1), \quad (4)$$

де μ_{r1} – відносна магнітна проникність при початковій температурі $t_1 = 20^\circ\text{C}$; α_μ – температурний коефіцієнт відносної магнітної проникності (α_μ є в три рази меншим ніж α_ρ).

Таким чином, зроблено вибір інформативних параметрів зразка досліджуваної рідини; запропоновано вибір пристрою для вимірювання температури t_p , з якою корелюють електромагнітні параметри ρ_p і μ_{rp} ; з'ясовано алгоритм визначення інформативних параметрів машинної оливи з дисперсним феромагнітним порошком: температури t_p зразка, μ_{rp} , питомого електричного опору ρ_p ; запропоновано критерій відбраковування охолоджуючих рідин на промислових виробництвах, за наявності феромагнітного порошку та за його концентрацією у зразку при реалізації трипараметрового методу спільного виміру температурних, електричних і магнітних параметрів досліджуваної рідини з дисперсним феромагнітним порошком.

ФІЗИКА ЯК ЧАСТИНА МУЗИЧНОГО МИСТЕЦТВА

Ст. К.Ю. Кузьміна

Кер.: Н.Б. Фат'янова, І.В. Галушак

Національний технічний університет «ХПІ»

Середовище, в якому живе людина, складається зі звуків. Навколо лунають голоси людей, шум вітру і спів птахів, а також музика, яка теж є звуком. Звук - це те, що сприймають наші вуха, те, за допомогою чого ми можемо отримувати інформацію про навколишній світ. Якщо розглядати поняття звуку з точки зору фізики, то можна дати цьому поняттю таке визначення: звук - це «механічні коливання, які поширюються в пружинному середовищі: повітрі, воді, твердому тілі і так далі». На мій погляд, актуальність теми полягає в тому, що в 21 столітті у кожної сучасної людини є прилади для прослуховування музики.

У даній роботі показано, що являє собою звук, як він поширюється, і як доходить до вуха людини. Найцікавішим було вивчення музичного звуку, роботи музичних інструментів, так як музичні звуки і музичне мистецтво мають велике значення в житті людини, вони позитивно впливають на його настрій і поведінку. На питання про музичний звук і пристрої музичних інструментів відповідає наука фізика, тому, щоб у більш повному обсязі вивчити музичне мистецтво, доцільно його розглядати у взаємозв'язку з фізикою. Не секрет, що різним віковим групам подобається різна музика. Сенса у тому, що одна і та ж музика по-різному впливає на людей, які мають різний інтелектуальний і моральний рівень. Музика пропонує людині якісний стан, який може бути або в гармонії з його власним, або є несумісним.

У першому випадку у людини з'являється відчуття внутрішнього підйому і радості. При цьому реакція відбувається на підсвідомому рівні і практично не може контролюватися свідомістю людини. При дисгармонії між музикою і станом людини, може з'явитися подразнення або інші емоції, які спонукають людину припинити слухати цю музику. Дана реакція на музику є захисною для людини. З іншого боку, не будемо виключати «людський фактор». Адже люди всі різні і інтерес до музики теж індивідуальний. Однак, така наука, як фізика дозволяє нам подивитися на дане питання зовсім в іншому ракурсі.

У класичній музиці домінують високі частоти, які є найбільш

корисними для здоров'я та інтелекту людини, хоча і важче сприймаються деякими слухачами. Вагома роль у класиці належить середнім частотам. Ви не замислювалися, чому так мало людей люблять класичну музику? Тепер ви будете знати. Високочастотні звуки, які використовуються в музиці стилю Бароко, мають більшу довжину хвилі, ніж людський мозок здатний сприймати. Тому певні люди відчують дискомфорт при тривалому прослуховуванні «класики», особливо Бароко. А тим часом давно стало відомо, що академічна музика сприятливо впливає на організм людини. Музика періоду Баха призводить до того, що мозок починає окрім поліпшення роботи півкуль генерувати *тема-хвилі*, що призводить до поліпшення пам'яті, підвищення концентрації, уваги. Музика часів класицизму робить позитивний вплив на працездатність головного мозку. Але в сучасній музиці все більше і більше переважають низькі частоти, які раніше як і в класиці, так і в народній музиці застосовувалися лише епізодично. Мозок людини не любить високочастотні звуки. Цим можна пояснити таку популярність наприклад поп-музики. Її звуки низькочастотні (порядку 40-66 Гц - цей діапазон охоплює нижні і середні баси). Звідси і любов у людей до «клубної» музики.

Послухавши, наприклад, музику в стилі 80-х років, можна зрозуміти, що низькі частоти звуку в той період ще не застосовувалися, в теперішній же час їм приділяється більша увага. Сьогодні молодь переконана, що низькі частоти звуку «прикрашають» сучасну музику, доповнюють її тією родзинкою, якої не вистачало раніше. Насправді, самі того не підозрюючи, вони «поневолені» не так самою музикою, як саме низькими частотами, які, діючи на організм, як наслідок створюють певний емоційний стан. Низькі частоти, які використовуються в цій музиці, не напружують, а навіть в якійсь мірі зомбують людей. Тут не слід плутати «людський фактор» (тобто особисті пристрасті, що не мають відношення до фізичних і акустичних законів) і наукові факти.

Музика як фізичне явище (частота хвильового биття) викликає подібну дію у будь-якого людського організму і не тільки. Аналогічний вплив відчують будь-які живі організми, як, наприклад, тварини і рослини.

1. Газарян, С.С. В мире музыкальных инструментов/Для учащихся старших классов. 2005.

2. Перельман Я.И.. Занимательная физика. лава 10. «Звук. Волнообразное движение».) - М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы. 2011. 224 с.

ФІЗИКА І СПОРТ

Ст. Є.Я. Івер

Кер.: Н.Б. Фат'янова, І.В. Галушак
Національний технічний університет «ХПІ»

Кожний з нас знає, яке місце займає спорт у житті людини, але далеко не всі розмірковували над питанням, який зв'язок між спортом і фізикою, як розвиток фізичної науки впливає на вдосконалювання спортивних досягнень.

Помиляються ті, хто вважає, що для освоєння спортивних вершин досить лише однієї фізичної підготовки. Ні, спорт без науки і, зокрема, без фізики неспроможний. Цю думку можна довести безліччю прикладів.

А чи знаєте ви про існування автоматичного тренера? Коло стадіону через кожні 50 метрів розмічений прапорцями. Замість тренера в брівки доріжки поставлений невеликий апарат. Це звуковий лідер. Він працює як метроном, чітко відраховуючи секунди. У той момент, коли бігун повинний порівнятися з прапорцем, лунає дзвоник, звуковий лідер допомагає бігуну тренуватися самостійно, відпрацьовувати техніку бігу.

При фехтуванні на рапірах і шпагах фізика допомагає найбільше точно фіксувати уколи. Коли спортсмен наносить «удар» супротивнику, то, замикається електричний ланцюг, у яку включені і костюм "мушкетера" і сигнальна лампочка.

Чи знаєте ви, як послаблюють силу удару важкого м'яча, коли ловлять його руками? Сила удару м'яча залежить від часу, протягом якого швидкість його падає до нуля. Якщо, торкнувшись рукою м'яча, рухати руку по напрямку польоту з уповільненням, то можна послабити силу удару м'яча. Також при приземленні після стрибка з деякої висоти необхідне присідання. Стрибок на "витагнутих" ногах небезпечний для здоров'я людини. Чому? Бо необхідне зменшення швидкості на можливо більшому шляху; тоді прискорення буде малим, виходить, і сила, що надає тілу це мале негативне прискорення і припинення руху, буде невелике.

Фізика розкрили секрети великого бігуна Усейна Болта

Фізика з Національного автономного університету Мексики вивчили манеру руху найшвидшого бігуна на планеті Усейна Болта і

побудували модель, яка частково пояснює секрет його неймовірних успіхів.

Вчені, які вивчають біомеханіку руху людини, проаналізували відеозаписи забігів на чемпіонаті світу 2009 року у Берліні, де Болт здобув три перемоги на дистанції 100 і 200 метрів, а також в естафеті 4X100 м.

Аналізуючи зміну позиції спортсмена кожні 0,1 секунди, вони підготували набір рівнянь, що описують поточну швидкість Болта і сили, діючі на його тіло у будь-який момент забігу. Підібравши параметри моделі, фізики під керівництвом Хорхе Ернандеса змогли досягти практично 100% збігу прогнозованого і реального положення Болта на дистанції.

Так, ямайський бігун досягає максимального прискорення - 9,49 метра на секунду у квадраті через 0,89 секунди після початку забігу. У цей момент його тіло розвиває потужність у 2,6 кіловат, більша частина якої (92%) витрачається на подолання опору повітря.

Подібні показники дозволяють Усейну досягти максимальної швидкості - 12,16 метра на секунду - на 3-4 секундні забігу і підтримувати її з мінімальними витратами протягом решти дистанції.

Усейн Болт є п'ятикратним чемпіоном світу. Основні дистанції Болта - 100 і 200 метрів, де йому неодноразово вдавалося встановлювати світові рекорди. У 2009 році він пробіг стометрівку за 9,58 секунди, а 200 м за 19,19 секунди.

1. Останні новини України й світу. Київ, 2013. URL: <https://dt.ua/SPORT/fiziki-rozkрили-sekrety-velikogo-biguna-useyna-bolta-za-dopomogoyu-rivnyan-122196.html> (дата звернення: 21.05.2013).

2. Врублевський Є.П З легкої атлетики: основи знань (в запитаннях та відповідях). Москва, 2016. С. 62-69.

3. Чаругін В.М. Фізика. Київ, 2017. С. 85-97.

4. Божинова Ф.Я Фізика. 7 клас: Підручник /Ф.Я Божинова, І.Ю. Ненашев, М.М. Кірюхин. – Х.: Видавництво «Ранок», 2007.- 192с.: іл. Бутиков М., «Вища школа», 1986.

ДОСЛІДЖЕННЯ РАДІОАКТИВНОСТІ В СМТ. СЛОБОЖАНСЬКЕ

Ст.: М.О. Вишняков, С.О. Федоренко

Кер.: Т.М. Шелест, С.С. Кривоніс

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»

Радіація є постійним супутником життя людини. Ми живемо у світі, в якому радіація присутня всюди. Світло і тепло ядерних реакцій на Сонці є необхідними умовами нашого існування. Радіоактивні речовини природного походження присутні в навколишньому середовищі. Радіоактивні елементи входили до складу Землі з початку її існування і продовжують бути присутніми дотепер.

Актуальність обраної теми полягає в тому, що ставлення до радіації не відповідає реальній дійсності. Події в Чорнобилі і Фукусімі породили у основної маси людей страх при будь-якій згадці про радіацію. З причини близькості розташування Зміївської ТЕС до смт. Слобожанське серед жителів існують страхи, що до впливу на радіаційний фон теплової станції, яка працює на вугіллі антрацитової групи. Тому нами було проведено моніторинг радіоактивного фону саме в цьому селищі протягом кількох місяців.

Розрізняють природний радіаційний фон, штучний радіаційний фон, технологічно радіаційний фон. Всі джерела радіаційного фону діляться на дві основні групи: природні і штучні.

Природний радіаційний фон – доза випромінювання, що створюється космічними променями і випромінюванням природних радіонуклідів, природно розподілених у землі, воді, повітрі, інших елементах біосфери. Природна радіація є невід'ємною складовою середовища, тому уникнути радіоактивного опромінення неможливо.

Штучні джерела радіаційного фону: робота вугільних теплоелектростанцій Зміївська ТЕС, при якій в результаті згоряння вугілля, завжди містить певну кількість природних радіонуклідів, в атмосферу потрапляє величезна кількість радіоактивних часток, також залишається шлак і зола, які так само, містять радіонукліди.

На основі дослідження радіаційного фону селища Слобожанське в продовж червень 2016 р. – лютий 2017 року виявлені фактори, які впливають на радіоактивний фон селища, створена карта радіоактив-

ності. На карті згідно таблиці маркування нанесені зони радіоактивно небезпечні та проаналізовано що впливає на показник радіації в мікрорайонах селища.

На діаграмі представлено рівень радіоактивного фону в смт. Слобожанське на протязі декількох місяців.



Аналіз отриманих результатів показує, що в літку радіаційний фон більший (2-3 мкР/рік) ніж взимку, це пов'язано з тим, що в літку сонячна радіація більш активна ніж взимку. Вимірювання радіації проводилося три рази на день, з ранку, опівдні та у вечорі. Оскільки опівдні потрапляє найбільше сонячної радіації, тому і показник вище на 1-2 мкР/год ніж з ранку або у вечері.

Слід зазначити, що радіоактивність в селищі переважно природнього походження. Також на радіоактивний фон впливає присутність техногенних чинників. Найвищий показник радіаційного фону 25 мкР/рік було зафіксовано на території шлако-скиду та місцях зберігання вугілля.

В ході досліджень було також відмічено, що дещо вищий радіаційний фон в межах одного мкР/рік спостерігається у маленьких кварталах, парковій зоні, де міститься гранітна стелла та території гаражів, де велике скупчення автотранспорту. Безпечно знаходитись на території спортивного майданчику, в кварталах з великою площею та зеленими насадженнями.

Практичне значення дослідження радіаційного фону в смт. Слобожанське полягає в тому, щоб прийняти завчасно заходи з зниження природньої радіації, а саме насадження в кварталах дерев, кущів та газонів і слідкувати за їх станом; сповістити населення про найнебезпечніші місця відпочинку в селищі, щоб не було страхів з приводу впливу Зміївської ТЕС на радіаційний фон.

ДОСЛІДЖЕННЯ МАРСА

Ст. О.Р. Шлапак

Кер. Т.М. Шелест

Національний технічний університет «ХПІ»

Марс – найближча до Землі планета після Венери. За розміром вона майже в два рази менша за Землю. Марс називають Червоною планетою. Своєму червоно-помаранчевого відтінку планета зобов'язана величезним покладам у ґрунті оксиду заліза, в побуті званого іржею. Планета названа на честь Марса – римського бога війни.

Дослідження Марса почалося ще 3,5 тисячі років назад, в Стародавньому Єгипті. Перші докладні звіти про становище Марса були складені вавилонськими астрономами, які розробили ряд математичних методів для передбачення положення планети. Користуючись даними єгиптян та вавилонян, давньогрецькі (елліністичні) філософи та астрономи розробили детальну геоцентричну модель для пояснення руху планет.

Через кілька століть індійськими та ісламськими астрономами був оцінений розмір Марса та відстань до нього від Землі. У XVI столітті Микола Коперник запропонував геліоцентричну модель для опису Сонячної системи з круговими планетарними орбітами. Його результати були переглянуті Іоганном Кеплером, який ввів більш точну еліптичну орбіту Марса.

Перші телескопічні спостереження Марса були проведені Галілео Галілеєм в 1610 році. У XVII столітті астрономи виявили на планеті різні області поверхні, що відрізняються від оточуючих своєю яскравістю (точніше – відбивною здатністю, альбедо), в тому числі темна пляма моря Сирт і світлі полярні крижані шапки. Також було визначено період обертання планети та нахил її осі. Телескопічні спостереження Марса в основному проводилися, коли планета досягала опозиції до Сонця, тобто при найменшій відстані між Марсом та Землею.

Марс – четверта за віддаленістю від Сонця (після Меркурія, Венери та Землі) і сьома за розмірами (перевершує за масою і діаметром тільки Меркурій) планета Сонячної системи. Маса Марса становить 0,107 маси Землі, об'єм – 0,151 об'єму Землі, а середній лінійний діаметр – 0,53 діаметра Землі. Один марсіанський рік дорівнює майже 686 земним дням. Марсіанський день триває приблизно 24 години 40 хви-

лин, – саме такий час потрібно планеті, щоб завершити один повний оберт навколо своєї осі.

Атмосфера планети товщиною 110 км дуже розріджена і складається в основному з вуглекислого газу. Тиск у поверхні планети – в 160 разів менше земного. Температура коливається від -153°C на полюсі взимку і до більш ніж $+20^{\circ}\text{C}$ на екваторі опівдні. Середня температура складає -50°C .

У Марса було зафіксовано слабке магнітне поле. Згідно з показниками магнетометрів станцій «Марс-2» та «Марс-3», напруженість магнітного поля на екваторі в 500 разів слабше земного. Магнітне поле Марса вкрай нестійке, в різних точках планети його напруженість може відрізнятись від 1,5 до 2 разів, а магнітні полюси не збігаються з фізичними. Це говорить про те, що залізне ядро Марса знаходиться в порівняльній нерухомості по відношенню до його кори, тобто механізм планетарного динамо, відповідальний за магнітне поле Землі, на Марсі не працює.

Хоча на Марсі немає стійкого всепланетного магнітного поля, спостереження показали, що частини планетної кори намагнічені і що спостерігалася зміна магнітних полюсів цих частин в минулому. До Марсу було направлено приблизно 40 космічних місій, включаючи прості прольоти, орбітальні зонди і висадку роверів. Серед останніх був апарат Curiosity (2012), MAVEN (2014 року) і індійський Мангальян (2014 року). Також в 2016 році прибули ExoMars та InSight. Апарат «К'юріосіті» прибув на Марс в 2012 році, і за цей час розкрив безліч фактів про Червону планету.

В основному він використовував складні пристрої на кшталт свердла і бортову лабораторію, але для недавнього обчислення щільності ґрунту в кратері Гейла йому потрібен був тільки датчик, який є практично в кожному смартфоні – акселерометр. Зокрема, марсохід досліджував структуру ґрунту на горі Еоліда (також відома як гора Шарпа), розташованому прямо посередині кратера. З'ясувалося, що колишні уявлення вчених про щільність ґрунту в кратері були помилковими. Не дивлячись на те, що Марс вважається найбільш вивченою чужою планетою в Сонячній системі, ровери і зонди продовжують досліджувати її особливості, пропонуючи кожного разу нову інформацію. Державні і приватні космічні агентства налаштовані на створення екіпажних місій в майбутньому. До 2030-го року НАСА розраховує відправити перших марсіанських астронавтів.

РІДКІ КРИСТАЛИ

Ст.: М.М Олійник, Є.Д. Мелихов

Кер.: Т.М. Шелест, О.Б. Алмазова

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»*

Рідкий кристал – це специфічний агрегатний стан речовини, в якому воно проявляє одночасно властивості кристала та рідини.

У 1888-му році австрійський ботанік Фрідріх Рейнітцер з'ясував, що у деяких типів кристалів є дві точки плавлення, з чого випливає, що існує два різних рідких стани, в одному з яких речовина прозора, а в іншому – мутна. І хоча у 1904-му році німецький фізик Отто Леман надав ряд наукових доказів на користь рідких кристалів, все ж довгий час рідкі кристали не визнавалися як окремий стан речовини. В 1963 році американський винахідник Джеймс Фергюсон знайшов застосування однієї з властивостей рідких кристалів – зміна кольору в залежності від температури. Американець отримав патент на винахід, який здатний виявляти невидимі для очей теплові поля. З цього популярність рідких кристалів почала зростати.

Властивості рідких кристалів:

- рідкі кристали володіють властивостями як рідини, так і кристала;
- рідкі кристали мають плинність і приймають форму посудини, в якій вони знаходиться;
- впорядкування в просторі молекул, що утворюють кристал;
- не мають тверду кристалічну решітку;
- наявність порядку просторової орієнтації молекул;
- здійснення більш складного орієнтаційного порядку молекул, ніж у кристалів.

Види рідких кристалів

Термотропні, що утворюються в результаті нагрівання твердої речовини і існуючі в певному інтервалі температур і тисків.

Смектичні – такі РК мають шарувату структуру, шари якої здатні переміщатися відносно один одного. Щільність шару з наближенням до поверхні може змінюватися. Крім того, «смектики» володіють відносно високою в'язкістю. Це найбільш великий клас РК.

Нематичні – не мають шаруватої структури, а їх витягнуті моле-

кули безупинно сковзають уздовж своїх довгих осей, при цьому обертаючись навколо них. Такі РК подібні до рідин. До такого агрегатного стану здатні прийти тільки ті речовини, молекули яких мають форму, при якій вони не відрізняються від свого дзеркального відображення.

Холістеричні – утворюються в з'єднаннях різних стероїдів, наприклад, холестерину. Багато в чому схожі з нематичними РК, за винятком розташування молекул. Довгі осі молекул холістеричних РК повернені один щодо одного таким чином, що молекули утворюють спіралі. Основна особливість такого типу рідких кристалів – його молекули надчутливі до будь-якої зміни температури і залежно від неї – змінюють свою орієнтацію, а отже і саму спіраль. Примітно, що в залежності від кроку спіралі холістеричні РК також змінюють свій колір.

Ліотропні – утворюються в сумішах, що складаються з стрижнеподібних молекул даної речовини і полярних розчинників (наприклад, води).

Рідкі кристали знаходять широке застосування. Одне з важливих напрямків використання рідких кристалів — термографія. Підбираючи склад рідкокристалічної речовини, створюють індикатори для різних діапазонів температури і для різних конструкцій. Наприклад, рідкі кристали у вигляді плівки наносять на транзистори, інтегральні схеми та друковані плати електронних схем. Несправні елементи – сильно нагріті або холодні, непрацюючі – відразу помітні за яскравими кольоровими плямами. Нові можливості отримали лікарі: рідкокристалічний індикатор на шкірі хворого швидко діагностує приховане запалення і навіть пухлини.

За допомогою рідких кристалів виявляють пари шкідливих хімічних сполук і небезпечні для здоров'я людини гамма- та ультрафіолетове випромінювання. На основі рідких кристалів створені вимірювачі тиску, детектори ультразвуку. Найбільш багатообіцяюча область застосування рідкокристалічних речовин – інформаційна техніка. Від перших індикаторів, знайомих всім з електронним годинником, до кольорових телевізорів з рідкокристалічним екраном розміром з поштову листівку минуло лише кілька років. Такі телевізори дають зображення дуже високої якості, споживаючи меншу кількість енергії.

ФІЗИКА У ФУТБОЛІ

Ст. Р. Мятлик

Кер.: Т.І. Храмова, С.С. Кривоніс
*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»*

Футбол- одна з найбільш популярних спортивних ігор на нашій планеті. Серед фізиків захоплювалися цією грою англійці Ф.Астон і Е. Резерфорд, датчанин Н. Бор, француз Ф. Жоліо- Кюрі та інші. Чому серед вчених футбол найбільше привертав увагу саме фізиків? Перш за все тому, що для цієї гри потрібно мати високу швидкість реакції і мислення. Швидкість ігрового мислення учасників футбольної зустрічі- одна з важливих умов успішного її розвитку і завершення. До того ж футбол є яскравою і різноманітною демонстрацією такого поширеного в природі явища як удар, закони якого пояснює фізика.

Найбільш досвідчені футболісти ретельно прицілюються, намагаючись дуже точно нанести удар по м'ячу. Відомо, що м'яч, який вдарили в праву частину, полетить вліво і буде обертатися вліво, а м'яч, який вдарили в ліву частину, полетить вправо і буде обертатися вправо. Обертання м'яча стабілізує потік повітря навколо нього, а отже і траєкторію польоту. Якщо м'яч не обертається, за ним утворюється вихрова доріжка Кармана. У момент, коли вихори відокремлюються від м'яча, на нього діє випадкова сила. Вихровий слід, який залишає м'яч, не тільки підвищує лобовий опір, але і призводить до помітних відхилень м'яча. Сильний удар і закрутка, суміщені з переходом від турбулентного потоку до ламінарного, надають м'ячу передбачувану, але незвичайну траєкторію, схожу на траєкторію керованої ракети. Традиційний футбольний м'яч складається з 32 панелей: 20 правильних шестикутників і 12 правильних п'ятикутників. Менша кількість панелей і гладкі шви в порівнянні з традиційними м'ячами, збільшують область ламінарного потоку з високим коефіцієнтом лобового опору і в той же час знижують лобовий опір на високих швидкостях.

Під час гри футболістам доводиться наносити удари по рухомому м'ячу, які виконувати набагато важче, ніж по нерухомому. З розвитком суспільства спортивні ігри удосконалюються за рахунок кращого використання можливостей людського організму.

УСТАНОВКИ СОНЯЧНОГО ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Ст. В.А. Стасов

Кер.: Т.І. Храмова, С.С. Кривоніс
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

В сучасному світі все частіше постає питання енергоефективності та використання нетрадиційних джерел енергії. Сонячний колектор є основним елементом установки, в якій енергія сонця переходить в іншу корисну енергію.

Для установок сонячного гарячого водопостачання використовують плоскі сонячні колектори. Вони складаються з алюмінієвого корпусу, в якому розташовується поглинаюча панель з каналами для теплоносія. На поверхні панелі є селективне покриття, що забезпечує поглинання не менше 92% сонячного випромінювання. Сонячне світло проходить через прозору ізоляцію і потрапляє на поглинаючу пластину, яка нагрівається і перетворює сонячну радіацію у теплову енергію, яка передається теплоносію. Теплоносій у свою чергу нагрівається і віддає теплову енергію крізь теплообмінник воді у ємкісному водонагрівачі, де гаряча вода знаходиться до моменту її використання. У ємкісному водонагрівачі можна встановити електричну вставку для догрівання води до заданої температури.

Відомі геліосистеми двох типів: одноконтурні та двоконтурні. В одноконтурних системах вода, яка циркулює в системі, використовується незалежно від сезону. Такі системи ефективно працюють у регіонах з м'яким кліматом, де немає різких коливань температури. Для регіонів з негативною зимовою температурою використовують двоконтурну систему. В якості теплоносія застосовують рідини з антифризними домішками. Температурний діапазон роботи такої системи від – 30 до + 108°C.

Коефіцієнт корисної дії установки визначається за формулою:

$$\eta = 0,8 \left\{ \Theta - \frac{9U [0,5(t_1 + t_2) - t_j]}{\sum q_i} \right\}$$

де Θ - приведена оптична характеристика колектора; t_1 і t_2 - температури води на вході і виході; t_j - середня добова температура.

ЗАСТОСУВАННЯ ВОЛОКОННОЇ ОПТИКИ В МЕДИЦИНІ (ЕНДОСКОПІЇ)

Ст. П.М. Фесенко

Кер.: Н.Б. Фат'янова, К.О. Мінакова

Національний технічний університет «ХПІ»

Волоконна оптика — розділ оптики, який вивчає фізичні явища, які виникають та протікають в оптичних волокнах. В основі цього розділу лежить явище повного внутрішнього відбиття (ПВВ). Це явище широко використовується в оптичній техніці завдяки тому, що при ПВВ відображається 100% енергії, тобто витрат енергії немає. Таким чином, ПВВ дозволяє вирішити задачу повного відбиття світла: у залежності від кута падіння променів чи майже повністю проходить, чи майже повністю відбивається.

Оптичне волокно — нитка з оптично прозорого матеріалу (скло, пластик), яка використовується задля переносу світла через себе за допомогою повного внутрішнього відбиття. Оптичне волокно, як правило, має круглий переріз і складається з двох частин — серцевини та оболонки. Для забезпечення повного внутрішнього відбиття абсолютний показник заломлення серцевини декілька вище показника заломлення оболонки. Серцевина виготовляється з чистого матеріалу (скла або пластика) та має діаметр 9 мкм (для одномодового волокна), 50 або 62,5 мкм (для багатомодового волокна). Оболонка має діаметр 125 мкм та складається з матеріалу з легіруючими добавками, які змінюють показник заломлення.

Волоконна оптика широко використовується в медицині, у тому числі в ендоскопії. Різноманітні ендоскопи дають можливість спостерігати внутрішні органи в діагностичних та лікувальних цілях без хірургічних втручань. За допомогою даної апаратури можна проводити малоінвазивні операції. Один пучок волокон використовується, щоб освітлювати вивчаєму область, а по іншому пучку зображення передається людському оку або на екран.

Ендоскопія (від грецького: endon — усередині + skopeo — розглядати, досліджувати) — метод візуального досліджування полів органів та порожнин організму за допомогою оптичних пристроїв, які забезпечуються освітлювачем. Уся історія розвитку ендоскопів може бути умовно поділена на два періоди: 1 — застосування жорстких та гнучких

лінзових ендоскопів, 2 – використання гнучких ендоскопів з волоконною оптикою.

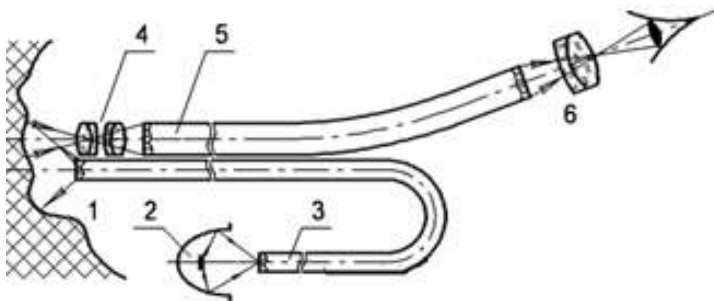


Рис.1. – Типова схема гнучкого медичного ендоскопу:
1 – вивчаємий об'єкт; 2 – джерело світла; 3 – волоконний освітлюючий світловід; 4 – об'єктив ендоскопу; 5 – гнучкий волоконний світловід для передачі зображення; 6 – окуляр.

Ера розвитку ендоскопії нараховує не набагато більше 2-х століть. Початком відліку вважається 1795 рік, коли Philip Bozzini сконструював перший апарат, використовуючи у якості джерела світла свічку. Bozzini вважається винахідником першого у світі ендоскопу. Проте його винахід не був оцінений сучасниками та він був покараний Віденським медичним факультетом за «допитливість».

У 1853 році Antoine Jean Desormeaux, котрий вважається батьком ендоскопії, застосував для освітлення під час ендоскопічного дослідження спиртову лампу, інструмент об'єднував у собі систему дзеркал та лінз.

Новий етап розвитку ендоскопії пов'язаний із використанням волоконної оптики. По-перше це дозволило винести освітлюючу систему за межі апарату.

У сучасних ендоскопах передача світла здійснюється по волоконному світловоду, який забезпечує достатнє освітлення спостерігаемого об'єкту без нагріву тканин – який називають «холодне світло».

По-друге це дозволило зробити ендоскопи гнучкими, еластичними та достатньо легкими в керуванні, що допомогло значному підвищенню точності діагностики, скороченню часу дослідження,

неприємних відчуттів у хворого, а також ускладнень. У теперішній час волоконною оптикою оснащують і жорсткі ендоскопи.

Використання волоконної оптики дозволило значно розширити спектр застосування ендоскопії й привело до розробки та впровадження в широку клінічну практику нових методів ендоскопічної діагностики та лікування. Завдяки надзвичайно високій точності, малоінвазивності в ряді розділів клінічної медицини ендоскопія перетворилась з допоміжного в провідний метод діагностики та лікування.

1. Кондратенко П.Г., Стукало А.А., Раденко Е.Е., «Гастроинтестинальная эндоскопия», «Новый свет», Донецк, 2007 год.
2. Балалыкин А.С., «Эндоскопия», «Медицина», Ленинград 1987 год.

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНА СЕКЦІЯ



ВИЗНАЧЕННЯ ПОПЕРЕЧНОГО РОЗПОДІЛУ ІНТЕНСИВНОСТІ СВІТЛА В ОПТИЧНИХ СИСТЕМАХ

Ст. В.В. Денищенко

Кер.: О.М. Андрєєв, О.М. Андрєєва

Національний технічний університет «ХПІ»

В багатьох задачах оптики необхідно визначати розподіл інтенсивності в площі перпендикулярній до напрямку падіння світлового променя на оптичну систему. Наприклад, під час: дослідження явищ інтерференції та дифракції світла; вимірювання діаграми спрямованості джерел світла; час визначення профілю та кута розходження світлового пучка [1].

Для вивчення просторового розподілу інтенсивності світла в роботі було розроблено експериментальну установку, функціональну схему якої наведено на рис.1. Падаюче випромінювання реєструється датчиком освітленості TSL – 2561, який являє собою цифровий датчик з вбудованим 16-бітним АЦП [2]. Цей датчик закріплено на підкладці, яку призводить до руху кроковий двигун. Перемикання обмоток статора двигуна здійснюється платою Arduino Nano (мікроконтролер Atmega 328P), яку підключено до крокового двигуна за допомогою драйверу (Easy Driver A3967). Оскільки, під час роботи кроковий

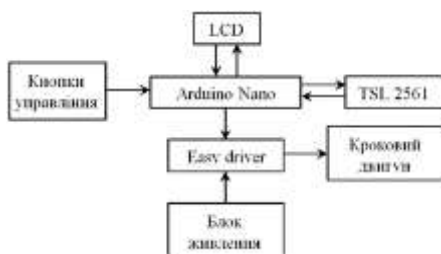


Рис.1. Блок-схема установки.

двигун споживає струм понад 30 мА, то в установці використовували окремий блок живлення двигуна. Управління здійснюється за допомогою чотирьох сенсорних кнопок, дві з яких (перша – запускає автоматичний режим вимірювань, друга – переміщує датчик освітленості) підключено до портів апаратного переривання Arduino. Третя кнопка задає напрям руху датчика в ручному режимі вимірювань. Четверта кнопка дозволяє проглядати дані, отримані в автоматичному режимі вимірювань. На рідкокристалічному екрані (LCD1602) з'являється інформацію про освітленість та координати датчика (в ручному режимі)

або відсоток виконання автоматичного режиму вимірювань. Дані в автономному режимі вимірювань зберігаються в пам'яті мікроконтролера та їх можна переглянути на LCD екрані після закінчення вимірювань. Данні також передаються на комп'ютер, де обробляються в спеціально розробленій програмі. Екран та датчик освітленості підключено до к Arduino по шині I²C.

В роботі дослідили розподіл інтенсивності світла за перетином пучка (рис. 2а) та в дифракційній картині, отриманій від одновимірної дифракційної ґратки з періодом 10 мкм (рис. 2б). Джерелом випромінювання був напівпровідниковий лазер потужністю $P_0=5$ мВт, довжина хвилі якого становила $\lambda = 650$ нм.

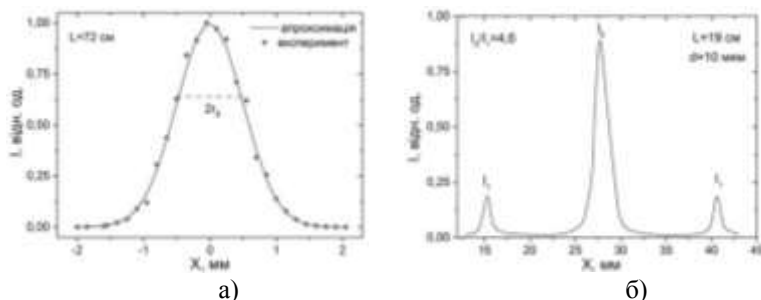


Рис.2. Нормований розподіл інтенсивності лазерного випромінювання: а) лазерний пучок; б) дифракційна картина.

Апроксимація розподілу інтенсивності світла в лазерному пучку кривою Гаусса (рис. 2а) дає змогу визначити радіус пучка (r_0) і кутове розходження θ лазерного випромінювання, та ширину р-п переходу лазера в поперечному напрямі [3]: $d \approx 2\lambda / \theta$.

Дослідження розподілу інтенсивності світла в дифракційній картині дозволяє визначити період дифракційної ґратки та ширину щілини за відношенням інтенсивності світла в головних максимумах [1]. Таким чином, проведені досліді показали, що розроблену установку можна використовувати як лабораторний комплекс під для вивчення хвильової оптики та лазерної техніки.

1. Годжаєв Н.М. Оптика. Пособие для вузов. – М.: «Вісш. школа» – 1977. – С. 432.

2. Electronic Components Datasheet Search <http://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Tsl2561>.

3. Григорук В.І. Лазерна фізика: підруч. для студ. вищ. навч. закл./В.І. Григорук, П.А. Коротков, А.І. Хижняк. - К.: Леся, 1999. – 526 с.

РЕЄСТРАЦІЯ СИГНАЛІВ РІЗНОЇ ФІЗИЧНОЇ ПРИРОДИ В ЛАБОРАТОРНОМУ ПРАКТИКУМІ

Ст. О.В. Погорілий

Кер.: О.М. Андреев, О.М. Андреева
Національний технічний університет «ХПІ»

Задача перетворення з необхідною точністю аналогових фізичних величин в електричний сигнал та далі в цифровий є важливою, бо дозволяє використовувати ЕОМ для візуалізації і обробки сигналів з різноманітних датчиків, та автоматизувати процес вимірювання. Тому застосування сучасних мікроконтролерів для сполучення датчиків з ЕОМ та конструювання на їх основі цифрових вимірювальних приладів, що застосовуються в фізичного лабораторного практикуму є достатньо актуальним.

Для реєстрації сигналів різної фізичної природи в роботі використовували налагоджувальну плату на базі мікроконтролера stm32f103 [1]. Це бюджетний (ціна 2\$) 32-бітний мікроконтролер з потужним набором різноманітної периферії та інтерфейсів: 12-бітний АЦП (мінімальний час вибірки 1 мкс), DMA, 4 таймера, WDT (сторожові таймери), супервізор подання живлення (PDR, POR), програмований детектор напруги (PVD), годинники реального часу, датчик температури, CAN, I²C, SPI, UART/USART та велика кількість виводів, що підтримують апаратні переривання. Частота роботи мікроконтролера становить 72 МГц, оперативна пам'ять – 20 кБайт та об'єм flash пам'яті програм – 64 або 128 кБайт. Існує декілька інтегрованих середовищ розробки для мікроконтролерів stm32, найбільш популярними є: IAR Embedded Workbench, Keil uVision, STM32Cube, CoCoX CoIDE. Якщо встановити додаткові файли та бібліотеки, то можна працювати з мікроконтролером stm32 у програмі Arduino IDE, заздалегідь записавши в нього завантажувач (bootloader) або використовувати програма-тор / USB-UART перетворювач для запису hex-файлів.

В роботі за допомогою мікроконтролеру stm32f103 досліджувались процеси зарядки та розрядки конденсатора (рис. 1а), замикання та розмикання індуктивного кола (рис. 1б), зміни опору напівпровідника (фоторезистора) під час його освітлення і затемнення (рис. 1в), та механічні коливальні системи (рис. 1г). Для візуалізації даних, отриманих з мікроконтролера, використовувався Processing – відкрита мова програмування заснована на Java [2].

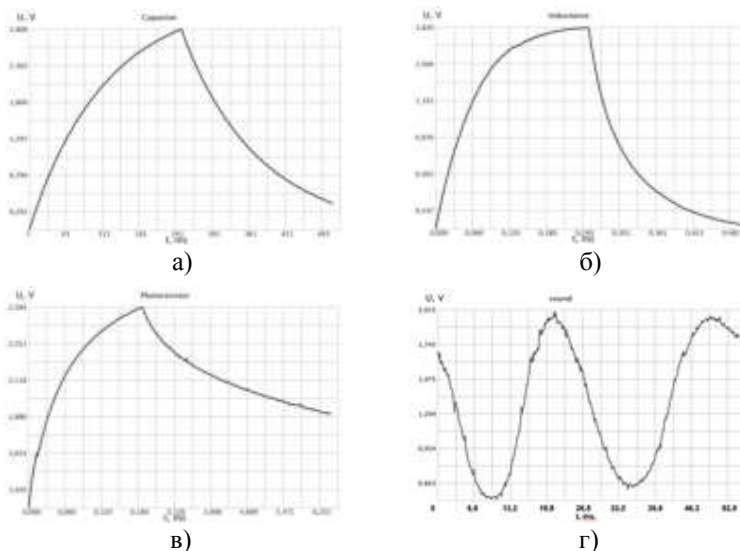


Рис.1. - Електричні сигнали на вході мікроконтролера.

Логарифмуючи напругу на конденсаторі (рис. 2а) можна експериментально визначити його ємність за тангенсом кута нахилу прямої до вісі абсцис. З рис. 2а видно, що напруга на конденсаторі (рис. 1а) з часом змінюється за експоненціальним законом, оскільки експериментальні точки знаходяться на одній прямій. Для вивчення явища самоіндукції, послідовно з котушкою індуктивності приєднали резистор, напруга з якого поступала на АЦП stm32f103. Ця напруга (рис. 1 б) пропорційна струму, що тече крізь котушку індуктивності. Аналогічно, логарифмуючи отриману криву можна визначити індуктивність котушки. Найменше значення індуктивності, що можна визначити таким чином становить 0,5 мГн.

Задля вивчення фотопровідності напівпровідника використовували фоторезистор, який одним виводом було підключено до джерела постійної напруги 3,3 В через резистор 10 кОм. Другий контакт було під'єднано до «землі». Вхідний сигнал АЦП мікроконтролера – це напруга на 10 кОм опорі (рис. 1в, для наочності, по вісі абсцис відкладено нерівномірний масштаб), яка пропорційна фотоструму, що тече крізь напівпровідник. Освітлення фоторезистора здійснювалось за допомогою 5 мВт напівпровідникового лазера з довжиною хвилі 650 нм,

який вмикався та вимикався мікроконтролером.

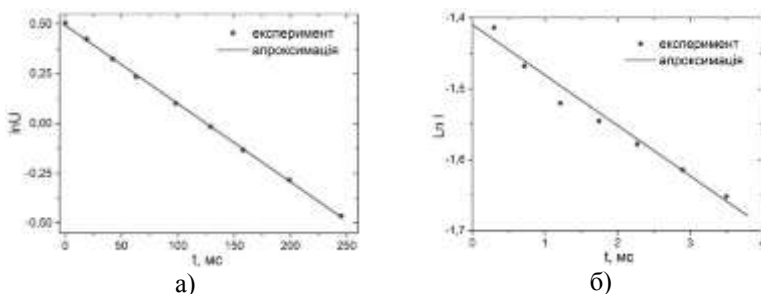


Рис. 2. а) залежність напруги розряду на конденсаторі від часу;
б) залежність фотоструму від часу при затемненні фоторезистора.

Логарифмуючи часову залежність струму фоторезистора (рис. 2б) можна визначити сталі часу наростання та спадання фотоструму – це проміжки часу, за які фотострум змінюється після освітлення або після затемнення в e разів по відношенню до сталого значення. Сталі часу характеризують швидкість реакції фоторезистора на зміну світлового потоку, та залежать від часу життя не рівноважних носіїв, освітленості та ряду інших факторів.

Для вивчення згасаючих коливань камертона використовували мікрофонний модуль з вбудованим посилювачем вихідного сигналу, який поступав (рис. 1г) на аналоговий вхід мікроконтролера. Зменшуючи частоту дискретизації АЦП можна реєструвати більше число періодів коливання камертона. Це дасть змогу визначати: параметри згасаючих коливання графічним способом [3], частотний спектр та фазову траєкторію осцилятора за допомогою математичного пакету Matlab, який «працює» з віртуальним COM - портом комп'ютера.

Таким чином, проведені дослідження показали можливість використання мікроконтролера stm32f103 в якості бюджетного цифрового осцилографа для реєстрації сигналів частотою до 200 кГц з роздільною здатністю 0,8 мВ.

1. Medium-density performance line 9 com. Interfaces 1/117 <https://www.st.com/resource/en/datasheet/cd00161566.pdf>.

2. Processing. Dan explains the new features and changes <https://processing.org/>.

3. Д.М. Абрамов, О.Н. Андреева, А.Н. Андреев, А.Г. Лазаренко Определение коэффициента сопротивления воздуха с помощью физического маятника // Материали XVII регион. наук. студ. конференції «Актуальні проблеми фізики та її інформаційне забезпечення» Харків. – 2017. – с. 88 – 92.

ДВИГУН СТІРЛІНГА

Ст. М.Р. Ключка

Кер.: Т.Н. Шелест, С.С. Кривоніс, В.М. Зорянський¹

Національний технічний університет «ХПІ»,

¹ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України

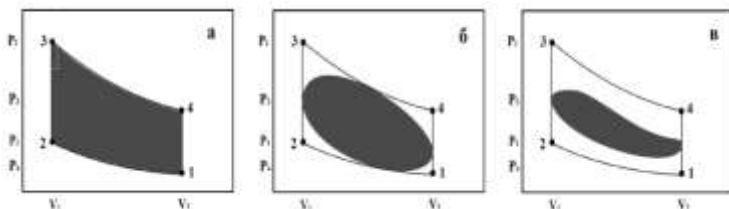
Останнім часом зросла потреба в екологічних двигунах малої потужності, з високою ефективністю, здатних тривалий час працювати автономно. Таким вимогам відповідають низькотемпературні двигуни Стірлінга, які належать до класу теплових машин із зовнішнім підводом тепла. Простота конструкції та відсутність багатьох вузлів порівняно з двигунами внутрішнього згоряння дозволяє забезпечити унікальний моторесурс безперервної роботи, високу екологічність та низький рівень шуму й вібрацій. Залишається актуальним розробка принципово нових конструктивних схем вузлів та механізмів, що дозволять підвищити ефективність двигунів Стірлінга.



Аналіз роботи реального поршневого двигуна дозволив виявити ряд технічних вад реальних конструкцій з точки зору виконання ідеально-

го термодинамічного циклу Стірлінга. Суттєве відхилення від ідеального циклу відбувається внаслідок неперервності руху поршнів, що призводить до зміни діаграми циклу і переходу її в неперервну плавну криву без чітких меж чотирьох термодинамічних процесів із неминучим зменшенням енергоефективності машини; через недостатню узгодженість зворотно-поступальних рухів робочого поршня та витискача відбувається шкідливий контакт робочого тіла з холодильником при розширенні та нагрівачем при стисканні, і тому процеси відбуваються не повністю. Недостатня швидкість теплообміну при підвищенні частоти обертів двигуна не забезпечує ізотермічності процесів стискання та розширення робочого тіла, що призводить до зміни їх на адіабатні процеси з відповідним зменшенням площі PV діаграми циклу; технічно недосконалі спроби збільшити поверхні теплообміну неодмінно призводять до значного збільшення гідравлічного опору та так званого «мертвого об'єму» робочого тіла, не задіяного в процесах теплообміну, що також призводить до звуження PV діаграми та погіршення ефе-

ктивності теплової машини.



У даній роботі розглянуті конструкції пристроїв, що мають забезпечити необхідні умови для виконання ідеального термодинамічного циклу Стірлінга в межах одного періоду руху поршнів. Головними особливостями конструкції є заміна колінчатого валу кулачковою кінематичною парою пов'язаною з робочим поршнем. Для визначення можливості застосування кулачкової кінематичної пари для приводу робочого поршня в двигунах Стірлінга були проведені деякі модельні досліди. У результаті було встановлено, що перетворення зворотно-поступального руху в обертальний за допомогою кулачкової кінематичної пари можливе і за ефективністю не поступається традиційним кривошипно-шатунним механізмам при однакових величинах ходу поршня.

Наступною особливістю запропонованої конструкції є магнітно-пружинний привод витискача. Перша перевага такої будови пристрою в забезпеченні абсолютно правильного характеру руху витискача в повній відповідності до ідеального термодинамічного циклу Стірлінга. Друга перевага у відсутності виходу привода на зовні, що знімає потребу в додаткових ущільненнях на відміну від традиційної конструкції. Очевидно, що силу магнітів, їх розташування та жорсткість пружини потрібно розраховувати, виходячи з параметрів конкретного двигуна.

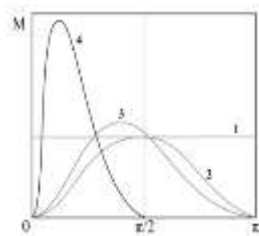


Рис. 1

Зазначимо, що для запуску необхідне зовнішнє зусилля, далі цикл повторюється без зовнішнього втручання. Окрему увагу слід звернути на ефективність застосованого кулачкового механізму в перетворенні поступального руху поршня в обертальний рух силового валу. На рис. 1 показані теоретичні залежності обер-

тального моменту на силовому валу від кута обертання для зубчатої рейки – крива 1, кривошипно-шатунного механізму – криві 2 і 3, та кулачкової кінематичної пари – крива 4, при однаковому переміщенні рухомої частини і прикладеній до неї силі без урахування втрат.

Другою перепоною на шляху створення ефективних двигунів Стірлінга є кінцеві швидкості теплообміну між робочим тілом та стінками нагрівача й холодильника, що призводить до зниження корисної роботи в межах одного циклу на підвищених частотах. У даній роботі запропоновано принципову схему збільшення поверхні теплообміну, що дозволяє значно пришвидшити процеси теплообміну, оскільки весь об'єм робочого тіла при будь-якому переміщенні пропускається тонкими шарами вдовж надзвичайно розвиненої поверхні теплообмінників. Повністю герметична будова робочої камери двигуна без будь-яких систем ущільнення на атмосферу або картер, дозволить підтримувати високий тиск робочого тіла як завгодно довго без обслуговування. Поршні між собою жорстко з'єднані штангою в якій є дренажний канал для вирівнювання тиску у підпоршневому просторі. Поршні по чергово в протифазі взаємодіють з витискачами, в результаті чого кожному такту стискання в одному циліндрі відповідає такт розширення в іншому, і відповідно навпаки.

Зв'язок поршнів з ротором генератора, що одночасно є і маховиком, забезпечується магнітною муфтою зі зв'язком через стінки немагнітного патрубку, що з'єднує циліндри. На рис. 2 показано кутову розгортку паза на внутрішній поверхні ротора-маховика для випадків з одним і двома штифтами. Так для одного штифта на кожний оберт маховика приходить один зворотно-поступальний хід, а для двох штифтів відповідно 2 ходи.

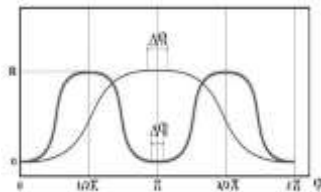


Рис. 2.

В цій конструкції застосовано технічні рішення зі збільшення поверхні теплообміну включаючи модифіковану будову робочого поршня з радіальними прорізами під радіатор холодильника. Крім того в схемі присутній регенератор з розвиненою поверхнею теплообміну такої самої форми як і нагрівач з холодильником. Він включений в розрив між нагрівачем та холодильником і при цьому повністю теплоізолюваний від них. Така будова і розташування регенератора забезпечать мінімальний приріст мертвого об'єму в порівнянні з усіма іншими способами під'єднання регенератора.

ПОДВІЙНИЙ КОНУС

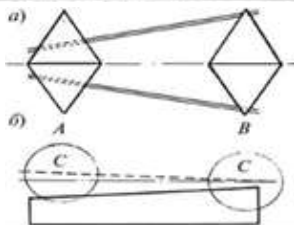
Ст. М.Є. Тимощенко

Кер. С.С. Кривоніс

Національний технічний університет «ХПІ»

Відомо багато цікавих фізичних дослідів, які не одне століття вражають своєю незвичайністю як учнів, так і викладачів. Один з таких дослідів - підйом масивного подвійного конуса з похилої площини, яку утворюють дві шарнірно з'єднані планки. Рух конуса як би спростовує теорію тяжіння: тіло рухається проти сили тяжіння, як ніби воно не притягується, а відштовхується від Землі.

Цей досвід служить для демонстрації що підтверджує, предмет, що вільно переміщається завжди розташовується таким чином, щоб центр ваги займав найнижче з можливих для нього положень. Перед демонстрацією планки розставляються на певний кут. Для цього подвійний конус поміщають кінцями в вирізи, зроблені у верхній кромці планок. Потім переносять конус вниз, в початок планок і відпускають. Конус буде пересуватися вгору, поки своїми кінцями не потрапить в вирізи. Щоб зрозуміти, чому конус рухається вгору, потрібно розібратися, як рухається його центр мас.



У нашого конуса центр мас розташовується рівно посередині. Планки на початку гірки, за якими піднімається конус, вузькі. Тому він практично повністю знаходиться над гіркою. Центр мас при цьому знаходиться досить високо. Чим ширше стають планки, тим нижче опускається центр мас. Зверніть увагу, що вперед стрижень штовхає все-таки не сила тяжіння, а протилежна їй сила реакції опори. Вона виникає в будь-якому тілі як протидія силі тяжіння, а її напрямок залежить від форми цього тіла. У конуса сила реакції опори спрямована якраз таким чином, щоб штовхати його по нашій гірці вперед.

ПРИРОДА БЛИСКАВКИ

Ст.: Д.С. Белокурова, О.П. Красильникова

Кер.: С.С. Кривоніс, Т.І. Храмова

Національний технічний університет «ХПІ»

Цілком зрозуміло, що блискавка і грім спочатку сприймалися людьми як вираження волі богів. Разом з тим допитливий людський розум з давніх часів намагався збагнути природу блискавки і грому, зрозуміти їх природні причини. У стародавні століття над цим міркували Аристотель і Лукрецій. У 1752 р. Б. Франклін експериментально довів, що блискавка - це сильний електричний розряд. Існують лінійні, стрічкові і кульові блискавки. Розглянемо лінійну блискавку, яка виникає між хмарою і землею і має довжину, рівну декільком кілометрам. Різниця потенціалів між хмарою і землею досягає в даному випадку 10^9 В. Це в тисячі разів перевищує різницю потенціалів між землею і нижньою межею іоносфери. Розряд блискавки триває близько 0,1 с. Середня сила розряду становить приблизно 10^3 А, а загальний заряд стерпний блискавкою, досягає 100 Кл. В каналі блискавки виділяється енергія $10^9 \dots 10^{10}$ Дж. Канал блискавки дуже вузький. Відомий канал має діаметр близько 1 м; при цьому основний струм протікає по більш вузькому «внутрішньому» каналу діаметром всього 1 см.

Спостерігаючи розряд лінійної блискавки, ми не помічаємо, що він складається з декількох послідовних імпульсів. Тривалість кожного імпульсу становить всього 10^{-3} с. Проміжки між імпульсами порядку 10^{-2} с. Під час імпульсу канал блискавки нагрівається до $2 \cdot 10^4$ К. Перша стадія появи каналу розряду починається з того, що в нижній частині хмари формується електростатичне поле дуже великої напруженості. Вільні електрони отримують в такому полі величезні прискорення. Ці прискорення спрямовані вниз, оскільки нижня частина хмари заряджена негативно, а поверхня землі позитивно. Виникають цілі лавини швидких електронів, що утворюють у самого дна хмари стримери. Друга стадія протікає швидко і потужно. За прокладеному шляху спрямовується основний струм. Імпульс струму триває приблизно 0,1 мс. Температура газу в каналі 10^4 К. Народжується надзвичайно яскраве світло, яке ми спостерігаємо при розряді блискавки. Після паузи, яка вимірюється десятками мілісекунд, все повторюється. Висвітлюється кілька потужних імпульсів, які ми сприймаємо як єдиний яскравий спалах. Істотно, що і світіння, і розігрів плазмового каналу розвиваються в напрямку від землі до хмари, тобто знизу вгору.

ПРО ДЕЯКІ ПРОЯВИ ІСКРОВОГО РОЗРЯДУ

Ст. А.В. Зелінська

Кер.: Н.Б. Фат'янова, І.В. Галушак
Національний технічний університет «ХПІ»

У наше століття, коли фізики знають, що відбувалося в перші секунди існування Всесвіту, і що діється в ще не відкритих чорних дірах, все ж доводиться з подивом визнати, що основні стихії давнини - повітря і вода - все ще залишаються загадкою для нас.

(І. П. Стаханов)

Кульові блискавки — рідкісне природне явище, що має вигляд рухомого згустка плазми розміром від кількох до кількадесят сантиметрів.

Слід зазначити, що існує багато сумнівів у правдивості існування кульової блискавки. Тим не менш, багато дивних історій відомі про витівки кульової блискавки. Наприклад, у 1936 році англійські газети розповідали про вогненну кулю, що спочатку перерізала телефонні дроти навколо одного будинку, потім влетіла у відкрите вікно і плюхнулась в бочку води, що стоїть біля вікна. Очевидці стверджують, що вода в бочці почала кипіти. Кульова блискавка є дуже небезпечною для людини. В історії є багато прикладів, коли для людей зустріч із кульовою блискавкою загрожувала смертю. Одним з таких прикладів є смерть Георга Ріхмана.

У 1753 року Георг Ріхман, дійсний член Санкт-Петербурзької Академії Наук, загинув від удару кульовою блискавкою. Він винайшов прилад для вивчення атмосферної електрики, тому, коли на черговому засіданні почув, що насувається гроза, терміново вирушив додому разом з гравером, щоб відобразити явище. Під час експерименту з приладу вилетіла синювато-помаранчева куля і вдарила вченого прямо в лоб. Пролунав оглушливий гуркіт, схожий з пострілом рушниці. Ріхман впав замертво, а гравер був приголомшений і збитий з ніг. Пізніше він описав те, що сталося. На лобі вченого залишилася маленька темно-малинова плямочка, його одяг був обпалений, черевики розірвані. Одвірки розлетілися на друзки, а самі двері знесло з петель. Пізніше огляд місця події зробив особисто М. В. Ломоносов.

Єдиної фізичної теорії виникнення і перебігу цього явища до теперішнього часу не представлено, також існують наукові теорії, які

зводять феномен до галюцинацій. Існують близько 400 теорій, що пояснюють явище, але жодна з них не отримала абсолютного визнання в академічному середовищі. У лабораторних умовах схожі, але короткочасні явища вдалося отримати кількома різними способами, так що питання про природу кульової блискавки залишається відкритим. Станом на кінець XX століття не було створено жодного досвідченого стенду, на якому це природне явище штучно відтворювалося б відповідно до описів очевидців кульової блискавки.

Широко поширена думка, що кульова блискавка - явище електричного походження, природної природи, тобто являє собою особливого виду блискавку, існуючу тривалий час і має форму кулі, здатної переміщатися по непередбачуваній, іноді дивовижній для очевидців траєкторії.

Насправді вчені мало знають про кульові блискавки, тому що їх дуже важко вивчати. По - перше, треба вгадати, де блискавка з'явиться, а це практично неможливо. Потім треба зняти на фотоплівку або на відеокасету кулю, що світиться, а це вельми складно, тому що не встигнете ви натиснути на кнопку відеокамери, як сяюче явище вже зникне. Так що єдине, на чому ґрунтуються вчені в своїх міркуваннях - це на розповідях людей, які були очевидцями цього явища. Об'єктивних свідчень стосовно реальності кульової блискавки мало, тому багато вчених сумніваються в самому факті її існування. А ті, які не мають сумнівів, не можуть пояснити її природу. Головне питання полягає в тому, чому кульова блискавка існує так довго. Спалах звичайної блискавки триває невлучиму мить, вона відбувається в той момент, коли негативно заряджені частинки хмари зустрічаються з позитивно зарядженими частинками, що піднімаються з землі. Більшість теорій сходиться на тому, що причина утворення будь-якої кульової блискавки пов'язана з проходженням газів через область з великою різницею електричних потенціалів, що викликає іонізацію цих газів і їх стиснення у вигляді кулі.

Експериментальна перевірка існуючих теорій утруднена. Навіть якщо вважати тільки припущення, опубліковані в різних наукових журналах, то кількість теоретичних моделей, які з різним ступенем успіху описують явище і відповідають на ці питання, досить велика.

Барри Дж. Шаровая молния. Четочная молния. Пер. с англ. М.: Мир, 1983, 228 с.

Стаханов И.П. О физической природе шаровой молнии. — Москва : (Атомиздат, Энергоатомиздат, Научный мир), (1979, 1985, 1996). — 240 с.

ДИФРАКЦІЯ У КОСИХ ПРОМІНЯХ

Ст.: К.Ю. Андрієнко, Д.А. Тішаков

Кер.: І.В. Галушак, Ю.В. Меньшов

Національний технічний університет «ХПІ»

Явище дифракції викликає інтерес не тільки як один з найважливіших оптичних ефектів, але й тому, що має широкий спектр застосування. Дифракційні ґратки використовують в спектрографах, електронограмах, електронних мікроскопах. За допомогою дифракції вивчають структуру матеріалів, здійснюють контроль якості виробів на виробництві.

Цікавим є випадок, коли дифракція спостерігається при косому падінні світла, і кут падіння дорівнює α . В цьому випадку дифракція відбувається так, як якщо б наша ґратка була замінена іншою, що представляє її проекцію на напрямок, перпендикулярний до падаючих променів (рис. 1).

Нульовий максимум буде, отже, лежати на продовженні первинного пучка, а період ґратки буде визначатись величиною $d' = d \cos \alpha$. У тих випадках, коли α близько до 90° (ковзне падіння), період ґратки, який визначає дифракційну картину, може бути набагато менше, ніж дійсний період ґратки. Завдяки цьому можливо спостерігати дифракцію світла на дуже грубій ґратці.

Якщо взяти, наприклад, металеву лінійку з гравірованими міліметровими поділками шкали і розташувавши її вельми похило до променів, що йдуть від спіралі лампи розжарювання розташованої на деякій відстані можна легко спостерігати дифракційні спектри різних порядків.

Спіраль лампи необхідно розташовувати паралельно штрихам ґратки – поділкам лінійки, останні виконують роль освітлених щілин. При обертанні лінійки змінюється кут падіння. Можна бачити, як розтягуються спектри і збільшується відстань між порядками (тобто зменшується період) при наближенні кута падіння до 90° .

Користуючись косим падінням, можна спостерігати за допомогою звичайної дифракційної ґратки дифракцію рентгенівських променів, довжина хвилі яких у декілька десятків тисяч раз менша, ніж у світлових променях видимого діапазону спостереження.

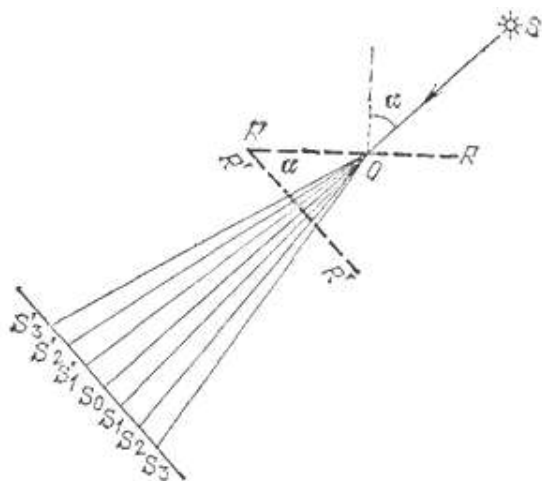


Рис. 1. Схематичне зображення дифракції при косому падінні світлового пучка на ґратку.

На рис.1 наступні скорочення: SO – напрямок первинного пучка, α – кут падіння, RR – дифракційна ґратка, $R'R''$ – проекція на напрямку, перпендикулярний до первинного пучку, OS_0 – напрямлення на нульовий максимум, OS_1 і OS_1' – напрямку на максимуми першого порядку, OS_2 і OS_2' – напрямку на максимуми другого порядку і т.д.

Так, поставивши ґратку з періодом 1мкм під кутом $\alpha=89^\circ59'40''$, ми отримаємо картину, що буде відповідати ґратці з періодом близько 10^{-10} м, і можемо вивчити дифракцію рентгенівських променів, довжина хвилі яких становить частку ангстрема. Цей метод спостереження дав можливість досить точно визначити довжину хвилі рентгенівських променів.

1. Г.С.Ландсберг Научные основы элементарной физики. М.: Физматлит, 2003 – 656с.
2. Електронний ресурс: Уся фізика. Науково-освітній проект. Москва, 2006. URL: http://sfiz.ru/uchebnik/uch_fizoptika/uch_difraction/138-difrakciya-pri-kosom-padenii-svetana-reshetku (дата звернення: 13.03.2019)

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК КВАНТОВОМЕХАНІЧНИХ ВИСНОВКІВ З ФОРМУВАННЯМ ЧОРНИХ ДІР

Ст. К.В. Муха

Кер.: І.В. Галушак, Ю.В. Меньшов

Національний технічний університет "ХПІ"

Якщо кинути камінь з висоти паралельно поверхні Землі, то він полетить по параболі. При збільшенні початкової швидкості камінь просто почне літати навколо Землі. Іншими словами, він буде вільно падати, але при цьому власне падіння відбуватися не буде. Швидкість, з якою потрібно кинути камінь, щоб він літав навколо Землі, називається «першою космічною швидкістю». Саме з цією швидкістю літають супутники навколо Землі. Друга космічна швидкість – це така швидкість, з якою камінь полетить з Землі в нескінченність.

Перша і друга космічні швидкості залежать від розмірів того тіла, з якого потрібно полетіти, і від його маси. Лаплас задався таким питанням: якими мають бути розміри тіла при даній масі, щоб друга космічна швидкість дорівнювала швидкості світла.

Якщо зберегти незмінною масу Землі та стиснути її до розмірів декількох міліметрів, тоді буде як раз друга космічна швидкість досягне значення швидкості світла. Тобто якщо якась сила стисне Землю до цих розмірів, то вона стане об'єктом, з поверхні якого навіть світло вилетіти не зможе. Саме так вперше виникло питання про чорні діри ще за часів, коли люди не знали нічого про Загальну теорію відносності.

Після відкриття Загальної теорії відносності на початку XX століття, Шварцшильд знайшов рішення рівнянь загальної теорії відносності. це рішення описувало, як веде себе гравітаційне поле зовні масивного тіла, що має ідеальну форму кулі. Суттєвою складовою цього рішення було те, що якщо розмір цього тіла менше, ніж розмір, який був знайдений Лапласом, то з нього світло полетіти не зможе. Це рішення стали називати «шварцшильдівською чорною дірою». В кінці 60-х років, в першу чергу Роджером Пенроуз і Стівеном Хогінгом, були розроблені різні математичні методи, за допомогою яких досліджувались властивості геометрії простору і часу, тобто гравітаційне поле, в присутності чорних дір.

З використанням методів Пенроуза і Хокінга на початку 70-х років ХХ століття було зроблено спостереження, що чорній дірі можна приписати ентропію. Але не було зрозуміло, чому у чорної діри при наявності ентропії відсутня температура. Однак Хокінг теоретично показав, якщо розглянути квантові поля на тлі геометрії Шварцшильда, то виявляється, що чорна діра випромінює так, ніби вона має температуру.

З одного боку, має місце теза про те, що з чорної діри нічого вилетіти не може. З іншого боку, що при цьому вона випромінює. Однак ніякого протиріччя в подібному твердженні немає. Нічого не може вилетіти з-під горизонту чорної діри. Проте виявилось, що процес формування чорної діри, так званий «колапс», відбувається так, що різко змінюються властивості так званих «нульових коливань» квантових полів на тлі чорної діри. А саме відбувається перебудова вакууму. В результаті вона починає генерувати випромінювання, яке насправді формується зовні горизонту чорної діри. При цьому діра втрачає масу (енергію спокою) і зменшується.

У реальність існування чорних дір зараз вірить все більше і більше фізиків, тому що є об'єкти, які спостерігаються на зоряному небі і властивості яких ми не можемо інтерпретувати інакше як те, що вони поведуться подібно до чорних дірок. Так, в нашій Галактиці знайдено близько 50 об'єктів такого сорту. Їх маси, як правило, складають більше трьох мас Сонця.

Крім цього, існує уявлення, підтверджене даними спостереження, що в активних ядрах галактик знаходяться гігантські чорні діри. Це такі об'єкти, маса яких досягає сотень тисяч і мільйонів мас Сонця.

На жаль, ефект Хокінга настільки слабкий (і передбачений тільки теоретично), що навіть на прикладі об'єктів, які спостерігаються на зоряному небі, ми не можемо його побачити. Але розуміння цього ефекту може послужити першим кроком у відкритті властивостей квантової гравітації.

1. Мизнер Ч., Торн К. и Уиллер Дж. «Гравитация» // Мир, – 1977

2. Хриплович И.Б. Общая теория относительности »// НИЦ« Регулярная и хаотическая динамика », - 140 с.

3. Л.Д.Ландау и Е.М.Лифшиц, Теория поля// Теоретическая физика, ФИЗМАТЛИТ, 1988. – 531 С.

4. Derek Raine and Edwin Thomas, «Black Holes» (Imperial College Press, 2009)

5. E. Poisson, «A Relativist's Toolkit (The Mathematics of Black-Hole Mechanics)»

КУЛЬОВА БЛИСКАВКА

Ст. Ю.І. Кот

Кер. І.В. Галушак

Національний технічний університет "ХПІ"

Кульова блискавка - явище дивовижне і незрозуміле, незважаючи на потенційну практичну значимість. Кульова блискавка як явище, пов'язане з грозою, відома з античних часів.

Першу гіпотезу про її походження висловив один з творців так званої лейденської банки, першого конденсатора, накопичувача електричної енергії, - Пітер ван Мушенбрук. Він припустив, що це згущуються в верхніх шарах атмосфери болотні гази.

Багато спостережень за кульовою блискавкою повідомляють про кулі світла діаметром близько 10 см, що рухаються зі швидкістю ходьби до 20 с. і часто існують всередині будинків і навіть літаків. Кульову блискавку розглядають як кульку, яка світиться, діаметром 10-20 см., Зазвичай вона з'являється під час грози, і триває близько 10 с. Причини, появи і особливості шаровай блискавки - нез'ясовні.

Незрозуміла особливість полягає в тому, що кульова блискавка майже завжди рухається, її рух не залежить від будь-якого переважного бризу і вона не піднімається, як це відбувається при нагріванні, якби сталося окислення.

Є багато різних теорій про виникнення кульової блискавки.

Фізики в Австрії підраховали, що магнітні поля, пов'язані з певними типами ударів блискавки, є досить потужними, щоб створювати галюцинації ширяючих куль світла в сусідніх спостерігачів і що ці бачення будуть інтерпретуватися як кульова блискавка.

Вчені, Олександр Кендл і Джозеф Пеєр з Університету Інсбрука, проаналізували електромагнітні імпульси повторюваних розрядів блискавки та порівняли їх з магнітними полями, використовуваними при клінічній транскраніальній магнітної стимуляції (ТМС). Їх результати показують, що змінні магнітні поля, створювані блискавкою, знаходяться в тому ж порядку величини і частоти, що і ті, які застосовуються в ТМС, які стимулюють галюцинації, такі як кульки світла, відомі як краніальні фосфени.

Вони припустили, що кулі світла, відомі як кульова блискавка, які іноді повідомляються під час грози, часто можуть бути галюцина-

ціями, що виникають через блискавичні електромагнітні імпульси, що впливають на мозок близьких спостерігачів. Рідкісні, але природні тривалі (1-2 секунди) повторювані удари блискавки створюють електромагнітні імпульси, які, на думку дослідників, можуть створювати струми в мозку в тому ж порядку по тривалості, силі і частоті, як в ТМС в спостерігачів 20-100 метрів від удару блискавки. Вони розраховували, що змінюються в часі електромагнітні поля різних типів ударів блискавки для спостерігачів на різній відстані від удару.

Розрахунки показали, що тільки удари блискавки, що складаються з декількох зворотних ударів в одній і тій же точці протягом декількох секунд, можуть створювати магнітне поле досить довго, щоб викликати кортикальні фосфени. Цей тип становитиме близько 1-5% ударів блискавки, але далеко не всі з них будуть спостерігатися спостерігачем на відстані від 20 до 100 м.

Той факт, що кульова блискавка притягується і псує всі електричні прилади, плавить дроти і підриває телевізори свідчить про те, що дане явище можливо має заряд. Були випадки, коли вона буквально плавила залізну монету і залишала зовсім цілою паперову купюру, що лежала поруч, що дає зрозуміти про високу температуру всередині кульової блискавки і її реакцію на провідник з меншим опором.

Дії цього явища на людину вкрай різноманітні: комусь залишає страшні опіки на тілі, іноді у вигляді малюнків, у деяких ця зустріч залишається останньою, причому убиті кульовою блискавкою довго не розкладаються

Незважаючи на спроби створити «рукотворну» кульову блискавку, складність полягає в тому, що зберегти природний зразок для порівняння з лабораторним, не є можливим.

Схожу на природну кульову блискавку отримали в Петербурзькому університеті ядерної фізики. Пристрій досить нескладний. Складається він з невеликої ємності з водою, куди вставлений електрод, і високовольтної конденсаторної батареї. Позитивний полюс конденсаторної батареї і вода в ємності добре з'єднані мідними шинами з контуром заземлення. Батарея на 600 мкф і 5,5 кВ заряджається і за допомогою ізолюваної штанги негативний полюс швидко з'єднується з електродом.

Електрод являє собою вигнутий металевий стрижень, ізолюваний кварцовим склом. Один кінець електрода має введення, до якого

приєднують негативний полюс конденсаторної батареї, інший кінець опускають в ємність з водою так, що вигнута частина залишається у воді, а сам кінець підноситься над поверхнею води на 2-3 мм. У момент торкання введення електрода негативним полюсом зараженого конденсатора з піднесенням над водою кінцем електрода з бавовною - вилітає плазмовий струмінь, від якої відокремляється і пливе в повітрі кульовий плазмод.

Вчені отримують такі блискавки тисячами і досить добре вивчили їх властивості. Температура, як виявилось, у такого плазмоду не вище температури навколишнього повітря. Феномен кульової блискавки вони пояснюють особливим станом йонів в короні кульової блискавки. Кожен йон, що виникає, відразу гідратується - у вологому повітрі його щільно оточують молекули води. Різноманітні йони притягуються один до одного, але молекули води заважають їм зблизитися.

Виникає особливий стан речовини – гідратовані кластери. Комп'ютерне моделювання показало, що в гідратованій плазмі швидкість рекомбінації йонів різко сповільнюється. Якщо в «сухій» плазмі вона відбувається за мільярдну частку секунди, то у йонів, законсервованих в кластері, рекомбінація затягується на десятки і сотні секунд.

Можливо, те, що ми сьогодні називаємо «кульовою блискавою» насправді є кілька явищ, що мають різну фізичну природу. Так, в минулі століття кульову блискавку нерідко плутали з метеоритами і вогнями святого Ельма. Може бути, і сьогодні ми здійснюємо аналогічну помилку, об'єднуючи єдиним терміном фізично різні явища?

1. Барри Дж. Шаровая молния. Чёточная молния. Пер. с англ. — М.: «Мир», 1983, 228 с.

2. Леонов Р. А. Загадка шаровой молнии / Отв. ред. И. С. Стекольников; Академия наук СССР. — М.: Наука, 1965. — 76 с. — (Научно-популярная серия).

3. Стаханов И.П. О физической природе шаровой молнии. — М.: Атомиздат, Энергоатомиздат, Научный мир, 1979, 1985, 1996. — 208; 240 с.

4. А. В. Шавлов. «Параметры шаровой молнии, вычисляемые с помощью двухтемпературной плазменной модели»// 2008 г.

5. Смирнов Б. М. «Наблюдательные свойства шаровой молнии»//УФН, 1992, т.162, вып.8.

ДИНАМІЧНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ ЗІ СВІЧКОЮ НА ПОВЕРХНІ ВОДИ

Ст. Т.Д. Дикіна

Кер.: І.В. Галушак, Ю.В. Меньшов

Національний технічний університет «ХПІ»

Що буде, якщо горящу свічку помістити у воду? Напевно вона згасне? Не будемо робити передчасних висновків.

Якщо опустити свічку на воду, вона буде плавати горизонтально на боці. Щоб змусити її плавати вертикально, слід збільшити вагу у нижній частині. Ми нагріли над вогнем вістря цвяха і встромили його в свічку - він увійшов до неї, немов в масло. Після цвях охолов і добре тримався у парафіні. Цвях ми підібрали такої маси, щоб майже вся свічка занурилася у воду, а над поверхнею залишилися лише край парафіну і гніт. Під час вигорання свічка почала спливати. Вона горіла до тих пір, поки не згоріла повністю.

При згорянні частини свічки, вага свічки зменшилася, а сила Архімеда залишилася колишньою (зовнішні розміри свічки майже не змінились). В результаті рівновага порушилася (сила Архімеда переважає) і невелика підводна частина свічки сплила. Об'єм підводної частини свічки зменшився, а з ним - і сила Архімеда. Досягнутий новий рівноважний стан між вагою свічки (яка прагне занурити свічку на дно) і силою Архімеда (яка намагається виштовхнути свічку з води). В результаті верхня частина свічки залишилася над водою, гніт продовжив горіти. Встановлюється динамічна рівновага: свічка поступово згорає та підіймається над водою і продовжує горіти. Поступове зменшення довжини підводної ділянки свічки чітко помітно. Така свічка може згоріти майже повністю.

Таким чином, свічка, що плаває у воді у вертикальному положенні, може згоріти майже повністю, не дивлячись на те, що при горінні середня щільність свічки з навіщуванням збільшується.

Наукова публікація журналу (Хіміків-Ентузіастів) URL <http://chemistry-chemists.com>

РЕАКТИВНИЙ РУХ

Ст.: Т.О. Карімов, А.О. Міщанов

Кер. В.І. Білозерцева

Національний технічний університет «
»Харківський політехнічний інститут«

Протягом багатьох століть людство мріяло про космічні подорожі. Письменники-фантасти пропонували різні засоби для досягнення цієї мети. В XVII столітті з'явилось оповідання французького письменника Сірано де Бержерака про подорож на Місяць (1650 р.). Герой цього оповідання дістався до Місяця в металевому візку, над яким він весь час підкидав сильний магніт. Притягуючись до нього, візок все вище підіймався над Землею, доки не досягнув Місяця.

Але ні жоден вчений, ні жоден письменник-фантаст за багато століть не зміг назвати єдиного засобу у розпорядженні людини, за допомогою якого можна подолати силу земного тяжіння і полетіти в космос. Це зміг здійснити вчений К.Е. Цюлковський (1857-1935 рр.). Він показав, що єдиний апарат, спроможний подолати силу тяжіння - це ракета. Апарат з реактивним двигуном, який використовує пальне і окиснювач, розташовані на самому апараті.

Фізика пояснює процес реактивного руху законом збереження імпульсу. Коли ракета перебуває в стані спокою її імпульс і швидкість дорівнюють нулю. Коли ж з неї починає викидатися реактивний струмінь, то інша частина, згідно із законом збереження імпульсу, повинна отримати таку швидкість, при якій сумарний імпульс буде дорівнювати нулю.

В цілому реактивне рух можна описати наступною формулою:

$$m_s v_s + m_p v_p = 0 \quad (1) \quad m_s v_s = -m_p v_p \quad (2)$$

де $m_s v_s$ - імпульс створюваної струменем газів, $m_p v_p$ - імпульс, отриманий ракетою.

Знак мінус показує, що напрямок руху ракети і сила реактивного руху струменя протилежні. Реактивний двигун – це двигун, що перетворює хімічну енергію палива в кінетичну енергію газової струї, при цьому двигун набирає швидкість у зворотному напрямку. На яких принципах та фізичних законах засновано його дія? Кожен знає, що постріл із гвинтівки супроводжується віддачою. Якщо б вага кулі дорівнювала б вазі гвинтівки, вони б розлетілись з однаковою швидкістю.

Віддача виникає тому, що відкидна маса газів створює реактивну силу, завдяки якій може бути забезпечено рух як у повітрі, так і в безповітряному просторі. І чим більша маса і швидкість газів, що вилітають, тим більшу силу віддачі відчуває наше плече, чим сильніша реакція гвинтівки, тим більша реактивна сила. Це легко пояснити із закону збереження імпульсу, в якому йдеться, що геометрична (тобто векторна) сума імпульсів тіл, що складає замкнуту систему, залишається постійною при будь яких рухах і взаємодіях тіл системи:

$$\vec{p}_1 = \sum_{i=1}^N \vec{p}_i = \text{const} \quad (3)$$

К.Е. Ціолковський вивів формулу, яка дозволяє розрахувати максимальну швидкість, яку може розвинути ракета. Ось ця формула:

$$v_{\max} = v_0 + 2.3v_y \ln\left(1 + \frac{m}{M}\right) \quad (4)$$

Тут v_{\max} – максимальна швидкість ракети, v_0 – початкова швидкість, v_y – швидкість вильоту газів із сопла, m – початкова маса палива, а M – маса порожньої ракети. Як видно із формули, ця максимально досяжна швидкість залежить в першу чергу від швидкості вильоту газів із сопла, яка в свою чергу залежить перед усім від виду палива і температури газової струї. Чим вища температура, тим більша швидкість. Значить, для ракети потрібно підбирати саме калорійне паливо, яке надає найбільшу кількість теплоти. Із формули витікає також, що ця швидкість залежить і від початкової і кінцевої маси ракети, тобто від того, яка частина її ваги приходить на пальне, і яка – на безкорисні (з точки зору швидкості польоту) конструкції: корпус, механізми...

Ця формула Ціолковського є фундаментом, на якому будується весь розрахунок сучасних ракет. Відношення маси палива до маси ракети в кінці роботи двигуна (тобто по правді до ваги пустої ракети) має назву числа Ціолковського. Основний висновок із цієї формули полягає в тому, що в безповітряному просторі ракета розвине тим більшу швидкість, чим більша швидкість витоку газів і чим більше число Ціолковського. Як виглядає в загальних рисах сучасна ракета далекої дії? Перед усім, це багатоступінчата ракета. В головній її частині розміщується баєвий заряд, позад нього – прилади керування, баки і, нарешті, двигун. В залежності від пального стартова вага ракети може перевищувати вагу корисного вантажу в 100-200 разів! Тому важить вона багато десятків тон, а в довжину досягає висоти десятиповерхово-

вого будинку.

Конструкція ракети повинна відповідати ряду вимог. Наприклад, дуже важливо, щоб сила тяги проходила через центр ваги ракети. Якщо не виконати цього і ще багатьох інших вимог, то ракета може відхилитися від заданого курсу або навіть почати обертальний рух. «Підправити» курс можна за допомогою рулів. Доки ракета летить у щільному повітрі, можуть працювати аеродинамічні рулі, а у розрідженому повітрі – запропоновані ще Ціолковським газові рулі, відхиляючі напрям газової струї.

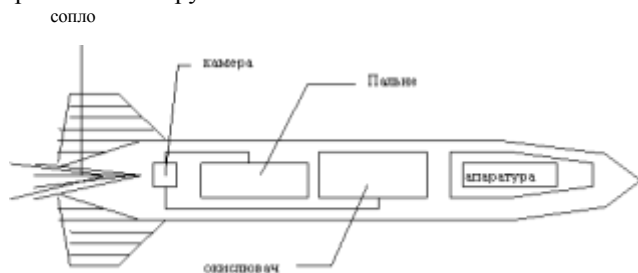


Рис. 1 - схема внутрішньої будови ракети.

На теперішній час двигуни балістичних ракет переважно працюють на рідкому паливі. В якості палива зазвичай використовують керосин, спирт, гідразин, анілін, а в якості окиснювачів - азотну и хлорину кислоти, рідкий кисень і перекис водню. Дуже активними окиснювачами є фтор і рідкий озон, але через велику вибухонебезпечність вони поки що обмежені в використанні.

Найбільш відповідальною частиною ракети є двигун, а в ньому – камера згорання і сопло. Тут повинні використовуватися особливо жаростійкі матеріали і складні методи охолодження, так як температура згорання палива доходить до $2500-3500^{\circ}\text{C}$. Запускається балістична ракета із спеціального стартового пристрою. Стартуючи вертикально, ракета потім нахиляється і описує майже строго еліптичну траєкторію. Значна частина траєкторії польоту таких ракет проходить на висоті більше 1000 км над Землею, де опір повітря майже відсутній, проте з приближенням до цілі атмосфера починає різко гальмувати рух ракети, при цьому оболонка сильно нагрівається. Якщо не прийняти міри, ракета може зруйнуватися, а її заряд – передчасно вибухнути.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ
МЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ ІЗ ЗМІННОЮ
МАСОЮ ШЛЯХОМ ЕКСПЕРИМЕНТУВАННЯ
ЗІ СТВОРЕНОЮ МОДЕЛЛЮ
КОНЦЕНТРАТОРА - ДОЗАТОРА РІДИН**

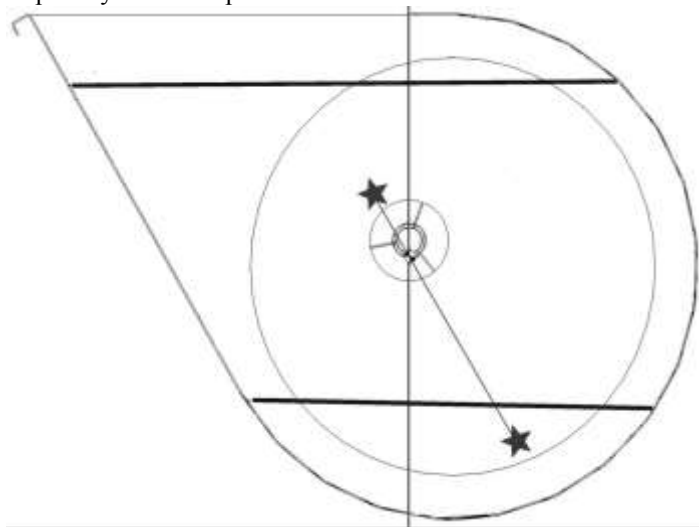
Уч. Ф.В. Андрєєв

Кер. Е.В. Тихенко¹

Харківський технологічний ліцей №9

¹Міжнародна дитяча фізична лабораторія НТУ «ХПІ»

Особливістю досліджуваної механічної системи є залежність координат її центру ваги від ступеня наповнення рідиною центральної ємності. Характер цієї залежності змінюється в залежності від геометричної форми центральної ємності. Основним фактором, що призводить до перекидання центральної ємності після її наповнення, є несиметричність внутрішньої форми цієї ємності щодо вертикальній площині (паралельній вектору сили тяжіння) що проходить через дві точки опори з вузлами обертання.



Центр ваги спочатку порожньої ємності знаходиться в зоні відносної стійкості (на малюнку зірочка внизу, праворуч). У міру наповнення ємності рідиною центр ваги динамічної системи «Ємність + Рідина» зміщується в зону нестійкості (на малюнку зірочка вгорі, зліва) і відбувається перекидання ємності та вихлюпування рідини назовні.

У цьому звіті представлені результати моделювання досліджуваної механічної системи в двох варіантах.

1. Візуалізація поведінки 3d-моделі в гравітаційному полі Землі (створено у Творчій студії "Астра" за допомогою вільного 3d-редактора Blender 2.79)

2. Експерименти з фізичною моделлю, що була створена доповідачем у домашньої майстерні за допомогою батька, Андреева В.В.

Наші результати моделювання, експериментів і візуалізації (відео) розміщені на сайті <http://khpi.info>

Надалі ми плануємо продовжити дослідження в даному напрямку використовуючи створені в даній роботі моделі.

СЕКЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ ТА
ФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ



МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ НАУКОВО - ДОСЛІДНИЦЬКОЇ РОБОТИ СЕРЕД УЧНІВ

Уч. Д.С. Пирог

Кер.: О.В. Назарова, О.В. Сендеров

Харківська загально освітня школа І–ІІІ ступенів № 158
Харківської міської ради Харківської області»

Одне з важливих завдань учасної школи — це підвищення їх розумової активності, пошук найкращих шляхів зацікавлення учнів. Тому завдання школи - не лише надати учням певні знання, але й навчити їх використовувати, а в разі необхідності й творчо опрацьовувати. Для цього доцільно поєднувати поточні шкільні уроки з проведенням наукових досліджень з вивчаємих тем.

Ще давньогрецький філософ Сократ звертав увагу на дослідницький метод пізнання як спосіб розвитку природи мислення людини. Цю ж таки ідею дослідницької діяльності школярів підтримував відомий вчений та педагог В.О.Сухомлинський. Зокрема, він пише: «Дуже важливо, щоб мислення учнів ґрунтувалося на дослідженні, пошуках, щоб усвідомленню наукової істини передувало нагромадження, аналіз, зіставлення і порівняння фактів».

Одним із перших кроків вчителя-керівника наукової роботи є вивчення науково-пізнавальних інтересів учнів, що впливає як на вибір теми дослідження, так і на хід роботи над нею. При цьому, зміст дослідження обов'язково повинен поєднуватися з шкільною програмою з конкретного предмету, щоб не було протиріччя між шкільним підручником і дослідницькою роботою, яка повинна доповнювати і розширювати знання з конкретної теми.

Метою дослідницької діяльності завжди є отримання нових знань про навколишній світ – у цьому її принципова відмінність від рядової навчальної діяльності, тобто: дослідження завжди передбачає виявлення якоїсь проблеми, яка потребує вивчення, пояснення. А все це підвищує для учня мотивацію пошуку.

При впровадженні наукової роботи в школі, треба виділити такі основні напрямки цієї діяльності:

1) Розвиток наукового мислення школяра, що досягається низкою спеціальних заходів, таких як написання рефератів, залучення учнів до доповідей з цікавих наукових тем. Такою діяльністю мають бути

охоплені більша частина учнів.

2) Виконання практичних робіт і математичних розрахунків за ціми ж темами.

3) Виконання експериментально-лабораторних робіт з використанням комп'ютерної техніки для обробки результатів експериментів.

4) Іншим напрямком розвитку наукової роботи слід вважати позакласну діяльність, коли учні беруть участь у роботі наукових гуртків, в роботі учнівських наукових конференціях, а також семінарах, конкурсах тощо.

5) Також самостійним напрямком наукової діяльності школярів є їх участь у роботі МАН (тобто Малої Академії Наук). Це вже індивідуальна діяльність, але під керівництвом вчителя. При цьому, вчитель-керівник повинен підкреслювати учням, що наукове дослідження – це безперервний процес, його не можна виконати за кілька годин чи днів, а можуть знадобитися і роки. При цьому, зміст дослідження обов'язково повинен поєднуватися з шкільною програмою з конкретного предмету.

Під час написання рефератів учні роблять перші кроки до самостійної наукової творчості. Вони вчаться працювати з науковою літературою, набувають навичок пошуку, відбору і аналізу потрібної інформації в бібліотеках, інтернеті, спілкуючись з спеціалістами, науковими робітниками з конкретної тематики.

Нами наведено досвід саме такої роботи вчителя по залученню школярів до науково-дослідної роботи в сфері природно-технічних предметів (математика, фізика, інформатика).

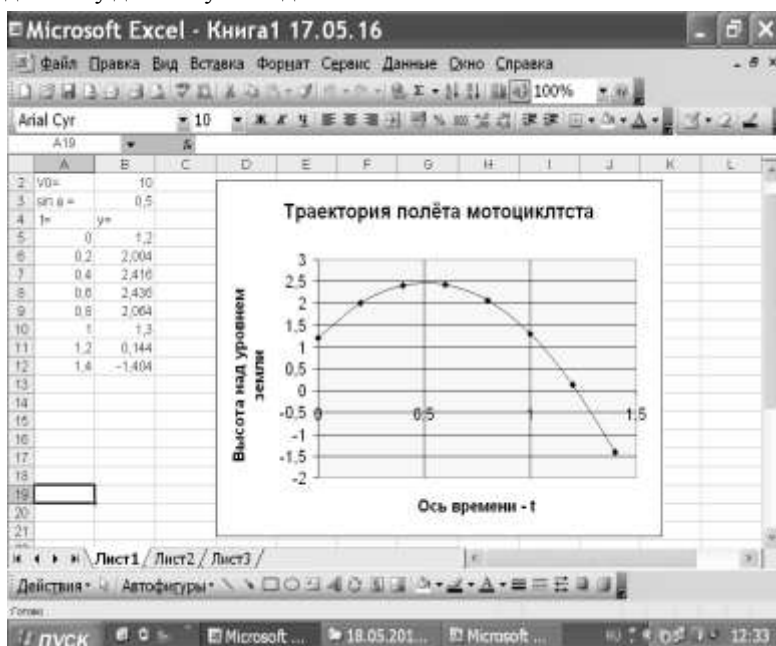
Наведемо наступний приклад з досліду і розрахунку траєкторії польоту тіла за інерцією.

Мотоцикліст рухається з великою швидкістю і наштовхується на перепону. При цьому він вилітає із сідла, летить по якійсь траєкторії і падає.

Ціль дослідження:

1. Визначити, що є траєкторією руху падіння мотоцикліста - ПАРАБОЛА, гілками донизу;
2. Знайти час підйому і висоту підйому.
3. Визначити дальність польоту.

Як бачимо, з цього прикладу дослідницька діяльність - вища форма самоосвітньої діяльності учня, яка дозволяє учню не тільки глибше засвоїти математичні рівняння руху мотоцикліста, але й засвоїти прикладні методи обчислень за допомогою електронної таблиці EXCEL. Таким чином, робота школярів повинна відповідати науковим методам знання, розширювати зміст їх освіти й удосконалювати підготовку до майбутньої діяльності.



СТВОРЕННЯ ПРИСТРОЮ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗЧИТУВАННЯ ПОКАЗАНЬ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ЛІЧИЛЬНИКА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Уч. К.В. Бурласько

Кер.: В.Д. Лавров, О.Б. Алмазова¹

Харківська спеціалізована школа І-ІІІ ступенів № 17

Харківської міської ради Харківської області

¹ Національний технічний університет "ХПІ"

Звичайним атрибутом сучасного будинку або міської квартири є домашні електричні прилади, покликані полегшити повсякденні дії і забезпечити комфортне життя людини. У міру того, як мешкання все більш насичуються технікою, забезпечення енергоефективного функціонування житла стає актуальною проблемою. Побудувати енергоефективний будинок не можливо без розробки дієвої системи моніторингу споживання енергоресурсів. Однак електромеханічні лічильники електроенергії такі як лічильник СО-ЭА09 та його аналоги [1], які є наразі найбільш поширеними приладами обліку споживання електроенергії в Україні, не надають можливостей щодо автоматизованої передачі показань лічильника або здійснення безперервного дистанційного контролю витрат. Ці питання набувають ще більшої актуальності, якщо людина здає квартиру, знаходиться у відпустці або оплачує комунальні послуги за літніх батьків.

Одним із варіантів вирішення цієї проблеми є встановлення лічильників нового покоління, які дозволяють дистанційно отримувати інформацію про спожиту електроенергію [2]. Більш економічною альтернативою заміни старого типу приладів є створення пристрою дистанційного зчитування показань з вже існуючих електромеханічних лічильників. Таке рішення, як і повністю автоматизовані системи контролю та обліку [2], може реалізувати передачу поточних показань лічильника через існуючі засоби бездротового зв'язку (*Wi-Fi*, *Bluetooth*, мобільний зв'язок, радіо модем та інше). Крім того, такий пристрій може накопичувати показання за певний період (почасово,

подобово, потижнево) і потім за один раз передавати їх користувачу. Таким чином, користувачу будуть доступні не лише показання за поточний день, але і вся історія споживання з годинним, добовим, місячним та річним угрупованням даних. Наступною перевагою подібного пристрою є можливість безперервного контролю спожитої електроенергії. Отже, користувач не тільки бачить показання приладу обліку але ще і вчасно отримує *«push-повідомлення»* на телефон про поточний стан лічильника що може захистити споживача від крадіжки електроенергії на підставі характеру зміни показань.

Реалізувати функцію дистанційного зчитування показань лічильників СО-ЭА09 та їх аналогів, які підключені до електричних мереж, є складна задача, тому що лічильник це - метрологічний вимірювальний прилад що перебуває під пломбою. Тому втручання у його конструкцію та електричну схему потребує відповідних узгоджень і практично не можливе. Конструктивно лічильник СО-ЭА09 діє за таким принципом: електричний струм у фазному дроті проходить в лічильник через датчик напруги (шунт) і трансформатор. Далі струм передається на вхід контролера, звідки спожита енергія у вигляді імпульсів надходять на кроковий двигун, який обертає ролики з цифрами. Частота імпульсів пропорційна току і відображається світлодіодом «Мережа», встановленого на передній панелі лічильника. З технічної документації лічильника відомо що одна кВт·год спожитої електроенергії відповідає 6400 миготінь індикатора «Мережа» [1]. Отже, знаючи кількість спалахів, можна отримати інформацію про загально спожиту електроенергію у кВт·год. Так само можна обчислити частоту миготіння індикатора при максимальній навантаженості мережі (50 А при 220 В), яка складає 20 Гц. Виходячи з відомих передумов, у цій роботі запропоновано пристрій для дистанційного зчитування показань електромеханічного лічильника електроенергії, який складається з наступних конструктивних елементів: зчитувальної головки (або датчик освітленості), яка закріплюється на оглядове скло лічильника безпосередньо навпроти світлодіоду; блока електроніки (БЕ), який з'єднується з головкою за допомогою кабелю з роз'ємом, та засобів передачі цифрової інформації про поточний стан лічильника, такі як комп'ютер

з'єднаний за допомогою *USB*-кабелю, або мобільний телефон з застосуванням бездротових засобів передачі інформації, тобто *Wi-Fi*, *Bluetooth* або *GSM*, як позначено на рис. 1. Кожна з зазначених складових частин пристрою була зібрана з наступних деталей. У корпусі зчитувальної головки розміщується фоторезистор *GL 5516* для зчитування спалахів світ лодіоду [3]. Обробка блоком електроніки отриманої з фоторезистора інформації здійснюється за допомогою плати контролера «*Arduino UNO*», який працює на базі мікропроцесора *ATmega328* [4]. Для передачі інформації на відстань використовується модуль *Bluetooth HC-06* [5]. Електрична схема з'єднання деталей пристрою наведена на рис. 2.

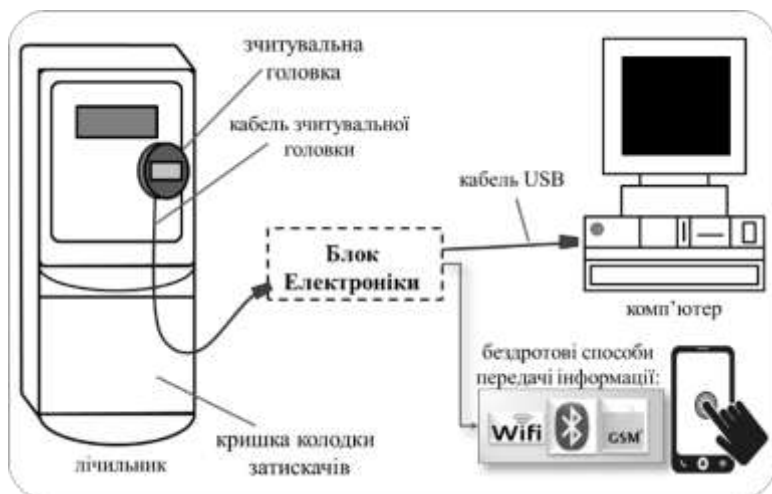


Рис. 1. Конструкція пристрою для зчитування показань електро-механічного лічильника.

Електричний сигнал переданий з фоторезистора порівнюється з рівнем сигналу, який відповідає освітленості включеного фоторезистора та є закладеним у пам'ять мікропроцесора. Якщо ці сигнали співпадають, мікроконтролер дає команду на зарахування спалаху та передачі інформації на *Bluetooth* комп'ютера або смартфона. Виконання мікропроцесором (МК) зазначених функцій було запрограмоване.

Програмне забезпечення розроблено у безкоштовній середі програмування *Arduino IDE* [6]. Мова програмування МК заснована на C/C++ та є скомпанованою з бібліотекою *AVR Libc* і використовує її будь-які функції. Після підключення контролера до комп'ютера через *USB*-з'єднання, написаний скетч, який є скомпільованим у форматі що підтримує плата *Arduino Uno*, завантажується у МК. Сам скетч представляє собою нескінченний цикл, в якому обпитуються піни з приєднаними датчиками і за допомогою спеціальних команд формуються керуючі дії на зовнішні пристрої (вони вмикаються або вимикаються).

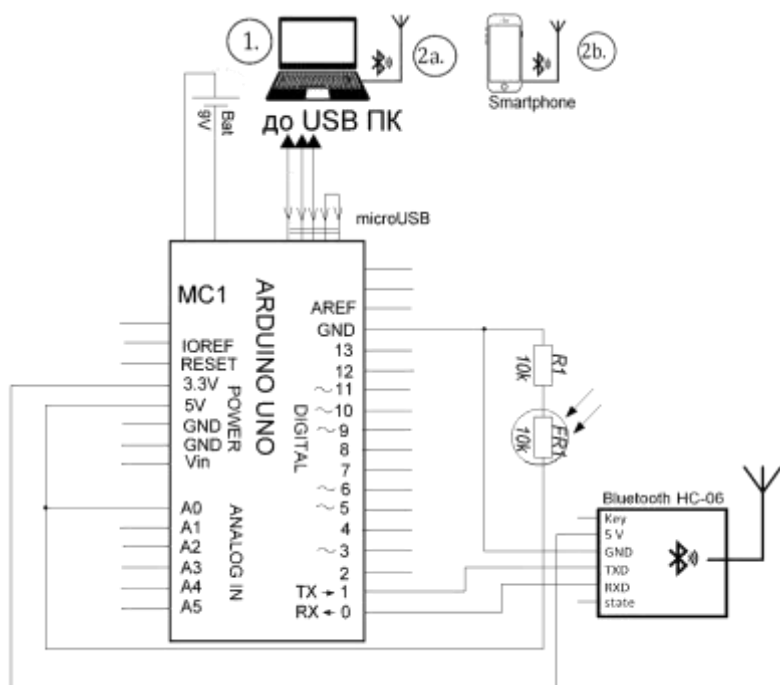


Рис. 2. Принципова електрична схема пристрою.

Калібрування пристрою реалізується на програмному рівні і полягає в визначенні експериментальним шляхом рівня освітленості, що відповідає початку спалаху, та внесення відповідних значень до про-

грамного коду. Перед компіляцією коду необхідно було ввести початкові показання лічильника, як початок відліку для контролера. Випробування пристрою здійснювалися як на реальному лічильнику електроенергії СО-ЭА09, так і макеті пристрою з використанням всіх елементів, які передбачені електросхемою. Результати зчитування показань відображались на моніторі комп'ютера і екрані смартфона. Вони повністю співпадали з показаннями на табло лічильника.

Таким чином, працездатність пристрою є підтвердженою що забезпечує можливість його використання для дистанційного моніторингу споживання електроенергії. Пристрій на основі мікроконтролера Arduino є більш дешевою альтернативою заміни лічильників, конструкцією яких не передбачено виконання віддаленого моніторингу споживання електроенергії.

1. Однофазні лічильники електроенергії. ДНВП «Об'єднання Комунар». URL: http://www.tvset.com.ua/ukraine/products/meters/ single_phase_electricity_meters.php.
2. Аганичев А., Панфилов Д., Плавич М. Цифровые счетчики электрической энергии. Chip News. 2000. № 2. С. 18-22.
3. Радиолюбительский портал. URL: <https://www.radio-portal.ru/shop/product /view/24/932.html> (дата звернення 15.12.2018).
4. Arduino.ua. URL: <https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Uno> (дата звернення 15.12.2018).
5. Electrónicos Caldas. URL: <https://www.electronicoscaldas.com/ modulos-rf/482-modulo-bluetooth-hc-06.html> (дата звернення 15.12.2018).
6. Arduino Software (IDE). URL: <https://www.arduino.cc/ en/Main/Software>.

НИЗЬКОІНТЕНСИВНЕ ОПТИЧНЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ, ПРИСТРОЇ ДЛЯ ЕКСТРАКОРПОРАЛЬНОГО ОПТИЧНОГО ОПРОМІНЕННЯ НА БАЗІ СВІТЛОДІОДІВ

Ст.: І.В. Шарабарін, Б.В. Козлов

Кер. О.Б. Алмазова

Національний технічний університет "ХПІ"

Всі процеси, що протікають в живих організмах, пов'язані з переносом та перетворенням енергії. У більшості цих процесів первинним джерелом енергії є світло.

Оптичне випромінювання широко використовується в традиційній медицині, як складової комплексу лікувальних і реабілітаційних заходів, в фізіотерапії та ветеринарії. Величезна увага приділяється терапевтичному використанню неруйнівного і нетоксичного НІОВ лазерів і світлодіодів. Лікувальна дія світла на організм людини відома здавна. Про геліотерапію знали стародавні єгиптяни, ассірійці, греки та інші народи, про неї неодноразово згадується в працях Гіппократа. Світлотерапія, як наука почала формуватися тільки в XIX столітті, після відкриття англійськими вченими Дж.Дауном і Р.Блунтом (1877р) лікувальних властивостей УФ-випромінювання. У 1903р. датському фізіотерапевту Н.Фінсену була присуджена Нобелівська премія з фізіології та медицини за розробку і широке впровадження методики лікування аутоімунних і шкіряних захворювань, за допомогою концентрованого світлового випромінювання.

В експериментальних роботах було показано, що синє світло змінює біохімічний склад крові, покращує роботу серця і легенів, стимулює імунну систему, має протимікробну дію. На початку XX століття, до відкриття антибіотиків, лампи синього світла (сині лампи Мініна) широко використовувалися в стоматології для лікування запалення ясен, для знеболювання. На клітинному рівні синє світло стимулює синтез АТФ, регулює метаболізм, покращує функцію зовнішнього дихання, доставки та утилізації кисню в клітинах, покращує проведення нервових імпульсів. На рівні системи мікроциркуляції і кровообігу спостерігається зниження в'язкості крові, зміцнення стінок судин, збільшення швидкості кровотоку. Оптичне випромінювання червоного та ІК діапазонів покращує мікроциркуляцію крові в дрібних судинах і

тканинах, підвищує швидкість окислювально-відновних реакцій, підсилює регенерацію пошкоджених тканин, нормалізує водний баланс клітин, має виражену судинорозширювальну, протизапальну, знеболюючу, лімфодреніруючу та протинабрякову дію, підвищує імунітет.

Низькоінтенсивне оптичне випромінювання (НІОВ) прискорює загоєння ран, має протизапальну і беззаспокійливу дію, у тому числі в якості після операційного анальгетика, має захисну дію на клітини, перешкоджає їх загибелі від цитотоксичних чинників. Розглянемо біологічну дію НІОВ лазерів (НІЛВ) і, власне, ВЛОК (внутрішньосудинного лазерного опромінення крові). Вплив УФ випромінювання схоже з впливом НІЛВ. Слід зрозуміти, що впливаючи НІЛВ, у організм не привноситься щось чужорідне для забезпечення специфічного впливу, а відбувається м'яке коригування системи саморегулювання і підтримання гомеостазу. Тобто здійснюється регулювання нормальних фізіологічних реакцій організму.

Засобом для досягнення цілющих ефектів НІЛВ є, перед усім, кров людини. Саме кров є найважливішою біологічною рідиною організму, що здійснює транспортну, поживну, і регуляторну функції.

Терапевтичний ефект ВЛОК заснований на фотобіологічному впливі НІЛВ на формені елементи крові, активації біохімічних процесів, поліпшення механічних, транспортних, структурних властивостей мембран клітин, поліпшення реологічних і транспортних властивостей крові. В кінцевому підсумку ефект ВЛОК на організм людини реалізується в поліпшенні функціонування органів та систем організму і призводить до зменшення патологічних проявів захворювань. Доведено, що при впливі НІЛВ на кров пацієнта опроміненню досить піддати 10-20% об'єму циркулюючої крові та спостерігати позитивні клінічні ефекти на рівні всього організму. Позитивні ефекти, що спостерігаються при впливі ВЛОК на організм людини: поліпшення мікроциркуляції і реологічних властивостей крові; регенераторний; імунокорегуючий, гіполіпидемічний і антихолістеразний ефект; антитромбічну дію; дезінтоксикаційний ефект; нормалізація артеріального тиску. Таке різноманіття енергетичного впливу ВЛОК на організм дає повне право стверджувати, що ця методика має широке застосування в лікуванні багатьох захворювань і може бути використана для поліпшення якості життя і довголіття пацієнтів. Практично всі прилади якими впливають ВЛОК на організм-створені із застосуванням лазерів. Лазер, або оптичний квантовий генератор - це технічний пристрій, що випускає світло

в дуже вузькому спектральному діапазоні у вигляді спрямованого когерентного, монохроматичного, поляризованого променя, тобто потоку високоорганізованого в просторі і часі електромагнітного випромінювання одного кольору. У лазерній терапії застосовується випромінювання в діапазоні довжин хвиль від ультрафіолетового до інфрачервоного.

Світлодіод - напівпровідниковий прилад з електронно-дірковим переходом, що створює оптичне випромінювання при пропущенні через нього електричного струму в прямому напрямку. Світло, що випромінюється лежить у вузькому діапазоні спектра. Його спектральні характеристики залежать значною мірою від хімічного складу використаних в ньому напівпровідників. Іншими словами, кристал світлодіода випромінює конкретний колір. На даний час промисловість випускає досить монохроматичні світлодіоди. Їх вартість в кілька разів менша за вартість лазерів, що випромінюють ті ж самі довжини хвиль. Ця обставина дозволяє вважати, що лазери в терапії можуть бути замінені світлодіодами. Вашій увазі надані 2 фізіотерапевтичні пристрої, в яких використовується енергія світлового випромінювання, чийми прототипами були багатофункціональні терапевтичні лазерні прилади. Недоліками прототипів є їх висока вартість, громіздкість, необхідність спеціального приміщення для проведення процедур, спеціальна підготовка персоналу відповідно до вимог до роботи з лазерними установками.

1. Пристрій для екстракорпорального ультрафіолетового опромінення крові складається з корпусу, в верхню кришку і дно якого вмонтовані матриці з 8 світлодіодів УФ діапазону; під матрицею розташований блок електроживлення. У корпусі пристрою є ложе для кювети опромінення крові. На верхній стінці корпусу є кнопка для включення пристрою, під нею знаходиться блок управління, який регулює програму постійного або імпульсного випромінювання. Кювету для опромінення крові приєднують до системи переливання крові, заповнюють кров'ю, що раніше була зібрана в стерильний флакон з консервантом, поміщають в ложі для кювети корпусу приладу, закривають верхньою кришкою, тривалістю натискання кнопки включення приладу за допомогою блоку управління включають програму постійного або імпульсного випромінювання матриць світлодіодів УФ діапазону, за допомогою голки системи переливання крові пунктирують кровоносну судину, відкривається затиск системи переливання крові та проводиться трансфузія крові, під час якої вона опромінюється в

кюветі, по закінченню процедури повторним натисканням кнопки включення переривається електроживлення матриць світлодіодів УФ діапазону від блоку електроживлення і прилад вимикається. Технічний результат досягається використанням двох матриць світлодіодів, що випускають монохроматичне випромінювання в УФ діапазоні і розташованих по обидві сторони від кювети.

2. Пристрій для екстракорпорального опромінення крові червоним світлом відноситься до установок, призначених для екстракорпорального опромінення крові в ультрафіолетовому, видимому та інфрачервоному діапазонах спектру. У клінічній практиці широко використовуються апарати для опромінення крові УФ променями і червоним світлом. Мета-створення недорогого компактного, надійного, зручного в експлуатації пристрою для екстракорпорального опромінення крові монохроматичним червоним світлом. Це досягається використанням в якості джерела плоского променя червоного світла лінійно розташованих світлодіодів, випромінювання, яких розсіюється плоским екраном з фторопласту. У пропонованому пристрої опромінення крові безпосередньо в шлангу одноразової системи переливання крові здійснюється з обох сторін червоним монохроматичним світлом ($\lambda = 660 \pm 5\text{нм}$), випромінюваним лінійно розташованими світлодіодами. Для створення плоского опромінюючого кров променя не потрібно ніякого оптичного пристрою, а для роботи лінійно розташованих світлодіодів достатньо напруги 5-6 В, що створюється блоком живлення. На відміну від прототипу можливе застосування автономного живлення. В пристрій вмонтовано 2 групи лінійно розташованих світлодіодів, між якими вставляють прозорий силіконовий шланг одноразової системи переливання крові типу ПК 1105; між шлангом і групами світлодіодів розміщені фторопластові екрани, що розсіюють червоне та поглинають теплове випромінювання. Світлодіоди приєднані послідовно-паралельно через обмежуючий робочий струм резистори до джерела живлення. Пристрій закривається кришкою з прорізом для кріплення шланга системи переливання крові. Пристрій працює наступним чином: в проріз кришки вставляють прозорий шланг одноразової системи переливання крові для трансфузії крові; через блок живлення підключають до стандартної мережі змінного струму 220/50 Гц, потім здійснюють трансфузію. Після закінчення трансфузії прилад відключають від мережі. Пристрій простий у виготовленні, надійний в роботі, ресурс необмежений, безпечний при експлуатації.

ВИМІРЮВАННЯ ОПТИЧНОЇ ТОВЩИНИ ПЛІВОК ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ НА ІНТЕРФЕРОМЕТРІ ЛІННІКА

Ст. М.О. Сіробаба

Кер.: Н.Л. Дьяконенко, О.П. Овчаренко¹

Національний технічний університет

"Харківський політехнічний інститут"

¹Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна

У сучасній мікро- і наноелектроніці для вимірювання висоти мікронерівностей та товщини плівок по скривленню інтерференційних смуг використовують мікроінтерферометри. Найбільше розповсюдження має мікроінтерферометр Лінніка МП-4, який являє собою сполучення інтерферометра Майкельсона з мікроскопом [1].

Відбиті від поверхні зразка і від дзеркала промені, пройшовши мікрооб'єктиви, з'єднуються напівпрозорим шаром пластини і спрямовуються в окуляр. У фокальній площині окуляра спостерігають зображення перевіряємої поверхні і систему інтерференційних смуг на ній. При наявності мікронерівностей інтерференційні смуги прогнуться, тому що довжина шляху відповідного променя збільшиться на подвоєну глибину подряпини (або зменшиться при наявності виступу над поверхнею). Інтерференційна картина утворюється плоскими хвилями, відбитими від еталонного дзеркала й поверхні досліджуваного зразка. Відстань між сусідніми смугами в полі зору окулярного мікрометра відповідає зміні відстані від мікрооб'єктива до зразка на половину довжини хвилі λ . Для проведення вимірювань геометричної товщини в плівці при її осадженні залишається непокритим вузький канал, а для вирівнювання умов відбиття на поверхнях плівки й підкладки необхідну ділянку зразка покривають додатково добре відбиваючим шаром металу, наприклад срібла. Точність методу при проведенні візуальних вимірів ~ 27 нм для середини видимої області спектра й може бути поліпшена до 2-3 нм при використанні цифрової камери з наступною комп'ютерною обробкою [2].

Застосування дзеркала, що рухається [3], у інтерферометрі Майкельсона дозволяє досліджувати інтенсивність залежно від зміщення

дзеркала. При цьому потрібно знати коефіцієнт заломлення матеріалу плівки.

У даній роботі розглянуто спектри пропускання, коли об'єкт дослідження - плівка на підкладці - розташовано після апертурної діафрагми та об'єктиву у інтерферометрі МП-4. Для розрахунку оптичної товщини плівки по-перше треба зробити калібруву: пов'язати різницю ходу з кількістю крапок. Для цього сфотографувати інтерференційну картину крізь вузько смуговий світлофільтр ($\lambda = \text{const}$). Відстань між сусідніми максимумами $\lambda/2$ відповідає різниці ходу та відстані між деякою кількістю крапок. По-друге змінити фільтр на підкладку, а потім на підкладку з плівкою, що досліджується, сфотографувати та опрацювати на комп'ютері за допомогою програми MathCad.

Виконавши умови нормування, тобто поділивши усі I на I_{max} отримаємо залежності інтенсивності від різниці ходу окремо для підкладки та підкладки з плівкою.

Якщо знайти різницю цих двох залежностей (рис.1), то на графіку виявляється чіткий мінімум при різниці ходу, яка відповідає оптичній товщині плівки. Знаючи матеріал плівки, тобто показник заломлення знаходимо товщину плівки $t = \Delta/n$.

Встановлення Web камери дозволяє проводити комп'ютерну обробку інтерференційних картин здійснюючи неруйнівні вимірювання товщини діелектричних прозорих плівок з великим ступенем точності. Тому ця методика може знайти практичне застосування у галузі наноелектроніки.

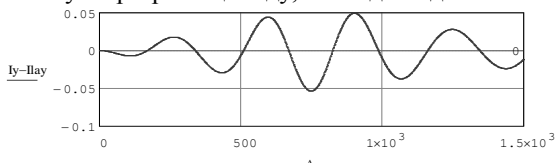


Рис. 1. Залежність різниці відносної інтенсивності інтерференційної картини від різниці ходу.

1. Макаровський М.О., Овчаренко О.П. Методичні вказівки до лабораторного практикуму «Двопроменева інтерференція» Х. 2010. с.37-44.

2. Повышение точности измерения толщины тонких пленок на двулучевом интерферометре. А.П.Овчаренко, Н.Л.Дьяконенко др. Вестник Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина, №739, серия «Физика», вып. 9, 2006, с.145-148.

3. J Raif, N Ben-Yosef and Moshe Ovon. Rapid nondestructive method for measuring the refractive index and thickness of thin dielectric films. Journal of Physics E: Scientific Instruments. 1973. V. 6. P.48-50.

ПРОРИВ ДЕШИФРУВАЛЬНИКІВ ТОДІ - МОЖЛИВІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРІВ СЬОГОДНІ

**Ст.: Д.С. Ковалевська, В.О. Кутишенко, Д.В. Левіна
Кер. Т.М. Шелест**

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»*

Ми живемо в епоху розвитку комп'ютерних технологій, жоден день в нашому житті не проходить без підтримки зі сторони комп'ютерних ресурсів. Але з чого все починалося? І наскільки важко це було?

Заирнемо в далекий 1939 рік. Початок Другої світової війни, про електронну обчислювальну машину (ЕОМ) ніхто і гадки не мав, але німецьким вченим вдалось розробити найвизначнішу в своїй історії шифрувальну машину "Енігма", яка зробила значний внесок у передачі засекреченої інформації. Значний час цю машину вважали "незламною", найкращі уми світу, не один день намагалися зламати її шифр, проте вдалося це лише одній людині - англійському вченому Алану Метісону Тюрингу який створив механізм котрий можна вважати моделлю комп'ютера загального призначення, машину, яка дозволила формалізувати поняття алгоритму і до сих пір використовується в безлічі теоретичних і практичних досліджень. Наукові праці А. Тюринга - загальноновизнаний внесок у заснування інформатики (і, зокрема, - теорії штучного інтелекту). Перший в світі дешифратор, який отримав назву "бомба Тюрінга" [2].

Робота шифрування в Енігмі виконується за допомогою роторів та рефлектора, 26 лампочок, клавіш та роз'ємів (рис.1).

Ротор - це диск який з обох боків має контакти, всього їх 26, кожен контакт відповідає символу алфавіту, вони з різних сторін попарно з'єднані в довільному порядку. Ротори розташовані так, щоб вихідні контакти одного ротора чіпляють вхідні іншого і так до останнього диску, який має назву рефлектор. До речі у рефлектора контакти розташовані тільки з однієї сторони. Струм йшов від джерела живлення (часто це була батарея) через перемикач у комутаційну панель, яка дозволяла перекомутувати з'єднання між клавіатурою і нерухомим вхідним колесом. Далі струм проходив через роз'єм, в даному прикладі невикористаний, вхідна колесо і схему з'єднань трьох (в армійській

моделі) або чотирьох (у військово-морській моделі) роторів і входив у рефлектор [1].

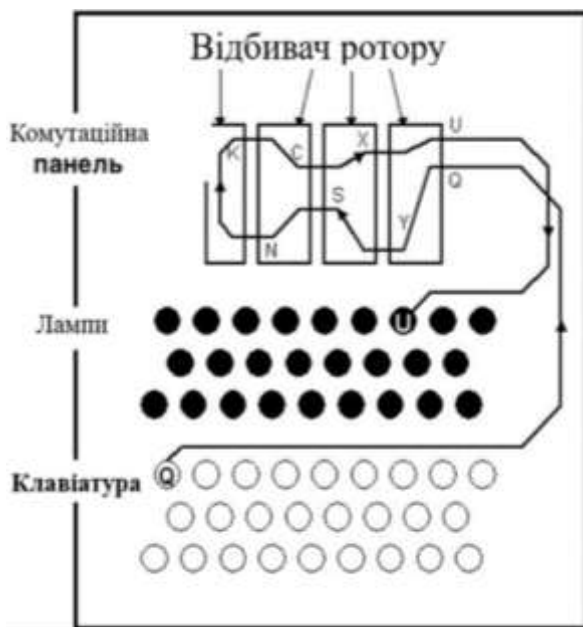


Рис. 1. Схематичне зображення Енігми

Зібрана таким чином машина виконує над текстом який треба зашифрувати декілька моноалфавітних шифрів підстановки підряд. Для того щоб шифр не був такий простий після шифрування кожної букви ротор повертається. У результаті повороту контакти цього ротора починають торкатися контактів іншого, таким чином, після шифрування кожної букви алфавіт підстановки змінюється.

Принцип праці, розробленого Тюрингом дешифратора, полягав у переборі можливих варіантів ключа шифру і спроб розшифровки тексту, якщо була відома структура дешифруемого повідомлення або частина відкритого тексту. Перша криптологічна бомба була запущена 18 березня 1940 року. Машина складалася з 108 обертових електромагнітних барабанів і ряду інших допоміжних блоків. Вона була 10 футів

(3,0 м) довжиною, 7 футів (2,1 м) висотою, 2 футів (0,61 м) шириною і важила 2,5 тони [3].

На відміну від роторів «Енігми», машина «Бомба» має барабани з вхідними і вихідними контактами. Таким чином, вони можуть бути з'єднані послідовно. Кожен барабан мав 104 дротяні щітки, які торкалися пластин, на які вони були завантажені. Щітки і відповідний набір контактів на пластині були організовані в чотирьох, з 26 концентричних кіл. Зовнішня пара кіл була еквівалентна струму, що проходить через «Енігму» в одному напрямку, в той час як внутрішня пара була еквівалентом струму, що проходить у протилежному напрямку. Під час роботи машини, барабани, що знаходяться на верхньому ряду, працює зі швидкістю 120 обертів за хвилину. Після того, як вони здійснять повний оберт, середній ряд барабанів повертається на наступну позицію. Таким чином, методом перебору всі три ряди барабанів послідовно змінюють свій стан. Це продовжується до тих пір, поки машина не видасть сигнал «Стоп» або барабани не повернуться у своє початкове положення. Рухаючись за допомогою електричного мотора, бомба проходила через всі 17576 різних позицій роторів за приблизно 110 хвилин [4].

Ця історична подія, зробила значний внесок у сьогодення. Дослідження цієї теми надали розвиток комп'ютеризації, завдяки чому зараз ми можемо комфортно працювати і виконувати сотні механічних операцій за хвилину.

1. Алферов О. П., Zubov A. Ю., Кузьмін О. С., Черемушкин О. В. Основы криптографии Учебное пособие, 2-е изд., Гелиос АРВ, Москва 2002р. 480 с.
2. Rejewski M. Summary of Our Methods for Reconstructing ENIGMA and Reconstructing Daily Keys, and of German Efforts to Frustrate Those Methods. Appendix C to Władysław Kozaczuk, Enigma: How the German Machine Cipher Was Broken, and How It Was Read by the Allies in World War Two, 1984, pp. 241-45.
3. Ralph E. The Poles Reveal their Secrets: Alastair Denniston's Account of the July 1939 Meeting at Pyry// Cryptologia. – 2006. - Vol. 30 (4), December. - pp. 294–305.
4. Link D. Resurrecting Bomba Kryptologiczna: Archaeology of Algorithmic Artefacts, I.// Cryptologia. — Vol. 33, iss. 2. — P. 166–182.

ТЕМНА МАТЕРІЯ

Ст.: Д.М. Павлов, І.О. Подгайський

Кер.: Н.Б. Фат'янова, І.В. Галушак

Національний технічний університет «ХПІ»

Основні властивості темної матерії: а) всесвіт містить невидиму матерію; б) темна матерія взаємодіє зі звичайною гравітаційною, тобто притягує її; в) темна матерія, на відміну від звичайної, не бере участі в електромагнітній взаємодії. З цього випливає, що вона не володіє зарядом, не здатна поляризуватися, не взаємодіє з магнітними полями і прозора для світла і радіохвиль; г) темна матерія не бере участі в сильній взаємодії, тому не накопичується в атомних ядрах, які для неї є лише скупченням частинок; д) під всесвіту темний матерії в 5 разів більше ніж звичайної; е) всі галактики оточені гало темної матерії; ж) швидкість темної матерії набагато менше швидкості світла - таку темну матерію називають холодною; з) темну матерію легко знайти, але не можливо вивчити.

Цвіккі (Американський астрофізик. Він працював більшу частину свого життя в Каліфорнійському технологічному інституті США, де зробив великий внесок в теоретичну і наглядову астрономію. Вивчав астрономічні галактики, а також нейтронні зірки.) прийшов до висновку про існування темної матерії в такий спосіб. Він досліджував рух окремих галактик, що входять в скупчення Волосся Вероніки (Coma). Потім він скористався теоремою віріала, що зв'язує середні потенційну і кінетичну енергії для замкнутих гравітаційно пов'язаних систем і отримав незалежну оцінку маси системи. На його подив, обчислене значення виявилось в 160 разів більше за масу, отриманої з аналізу світимостей, правда, як з'ясувалося згодом Цвіккі помилився майже в 4 рази через те, що використовував неправильне значення постійної Хаббла. Сучасна оцінка відносини віріалів маси цього скупчення до маси складових його зірок близька до 40.

Найбільш близьке до нас скупчення-це Місцева Група, що складається з нашої Галактики з її супутниками, галактики M31 з її супутниками і галактики M33 з її супутниками.

Галактика в M33 входить в місцеву групу, тобто одну з найближчих до нас Галактик, на неї накладена крива обертання (для того щоб отримати криву обертання, ми повинні вирішити за допомогою телес-

копа різні частини галактики. Це можливо зробити тільки для не дуже великих галактик. Для галактик із занадто маленькими кутовими розмірами ми не можемо отримати криву обертання. Замість цього можливо визначити ширину ліній випромінювань галактики. В основному вона пов'язана з доплєровским зрушенням світла, що випромінює різними частинами галактики.) цієї галактики таким чином, що масштаб відстаней збігається з масштабом зображення. Звернемо увагу, що крива обертання наведена для області, яка набагато перевершує видимі розміри галактики. Для цього використовувалися спостереження невеликих водневих хмар, що обертаються навколо галактики в її видимій області. Закон Кеплера для них виконується так само, як і для зірок. Крім реальної прямої обертання, є теоретична крива обертання, яка мала б ця галактика, якщо б вся її маса була зосереджена в світимості компоненті. Зрозуміло, що за межами видимої частини галактики для світимої матерії $M(r)$ -(межа обсягу) становиться постійною і $v(r)$ -(швидкість обертання) за відсутності темної матерії спадає за законом $v \sim r^{-1/2}$ (швидкість газових молекул більше, ніж швидкість розширення). У той же час реальна крива обертання навпаки продовжує зростати далеко за межами видимої області, показуючи, що там має існувати щось, що дає внесок в загальну масу галактики. Це і є темна матерія!

Згідно з існуючими поданнями, усі галактики оточені гало з темної матерії, розміри якої набагато перевершують видиму частину галактики. Існує одна галактика, криву обертання якої не можна визначити. Це - наша Галактика, яку ми бачимо зсередини. Проте, крива обертання нашої галактики так само отримана астрономами, правда з меншою точністю, ніж для найближчих галактик.

Інший спосіб визначення змісту темної матерії пов'язаний з використанням відношення маси світимого об'єкта до його світності.

Однак у 2018 році фахівці виявили рідкісну, незвичайну галактику, в якій темна матерія відсутня (або присутня в дуже невеликій кількості).

Вчені з Єльського університету відкрили щось дивовижне - галактику NGC1052-DF2, яка знаходиться від нас приблизно в 65 млн. світлових років і практично не має темної матерії. Вони вивчили рух 10 зоряних скупчень в даній галактиці і побачили, що вони рухаються зі швидкістю приблизно 37000 км/г. Це відносно повільно і означає,

що галактика позбавлена невидимою маси. Як зазначає Пітер ван Доккум (Pieter van Dokkum), провідний автор дослідження, якщо в NGC1052-DF2 і присутня темна матерія, то в дуже невеликих кількостях.



Хоча може здатися, що відкриття ставить під сумнів теорію темної матерії, дослідники відзначають, що воно, скоріше, навпаки, підтверджує наявність загадкової субстанції (є як би винятком, що підтверджує правило). Так як темна матерія, як передбачається, пояснює нестиковки між законами руху Ньютона і тим, що спостерігається в реальності, деякі вчені вважають, що самі закони, ймовірно, потребують перегляду. Однак якби це дійсно було так, то така розбіжність має повинно було б підходити для кожної галактики, підкреслюють фахівці з Єльського університету.

Зрозуміло, відкриття призводить вчених до нових питань. Незрозуміло, яким чином NGC1052-DF2 могла сформуватися без темної матерії; втім, як утворилася її «протилежність» - галактика Dragonfly 44, яка, як вважається, на 99,99% складається з темної матерії, - теж є питанням, на яке поки що немає відповіді.

1. Парновский С.Л. «Как работает вселенная. Введение в современную космологию».Издательство: «Наукова думка»,2018 р., Київ, 277с.
2. Журнал : «Nature»(international journal of science),Пітер ван Доккум, Чарлі Конойр, Lamiya Mowla, Джиллай Чжан,2018.
3. .NASA(Национальное управление по по воздухоплаванию и исследованию космического пространства),USA,
4. URL: <https://www.nasa.gov>

ТЕОРІЯ ВСЬОГО

Ст. Д.С. Заратуйченко

Кер.: Н.Б. Фат'янова, Ю.В. Меньшов

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»

Теорія всього - гіпотетична об'єднана фізико-математична теорія, що описує усі відомі фундаментальні взаємодії. Спочатку цей термін використовувався для позначення різноманітних узагальнених теорій. З часом термін закріпився в популяризаціях квантової фізики для позначення теорії, яка об'єднала б всі чотири фундаментальних взаємодій в природі.

Основна складність пошуку теорії, що об'єднує гравітацію з іншими силами, полягає в тому, що загальна теорія відносності - це класична теорія. Тобто вона не включає квантовомеханічний принцип невизначеності. З іншого боку, інші приватні теорії багато в чому залежать від квантової механіки. Тому насамперед необхідно об'єднати загальну теорію відносності з принципом невизначеності.

Досить схожа, очевидно абсурдна, нескінченність зустрічається і в інших квантових теоріях. Проте в цих теоріях нескінченність можна виключити за допомогою процесу, що називається перенормуванням. Він включає коригування мас частинок і сил взаємодій в теорії з використанням нескінченних величин. Хоча цей метод сумнівний з точки зору математики, він, схоже, дійсно працює на практиці. Проте перенормування має серйозний недолік з точки зору створення єдиної теорії, ця теорія не може передбачити фактичні значення мас і сил взаємодій. Наприклад, кривизна простору-часу, насправді є нескінченною, і в той же час спостереження і вимірювання показують, що вона має кінцеві значення. У спробі впоратися з цією проблемою в 1976 р. була запропонована теорія "супергравітації". По суті це була загальна теорія відносності з додаванням деяких додаткових елементарних частинок. У загальній теорії відносності носієм сили гравітації можна вважати частинку із спіном 2, що називається "гравітон". У такий спосіб вдалося б виключити багато з можливої нескінченності, але залишалися підозри, що деяка нескінченність все ж залишиться. Втім, розрахунки, здатні прояснити, чи залишилася нескінченність, що не компенсувалася, такі громіздкі і складні, що ніхто не був готовий ними займатися.

Через цю проблему думка учених схилилася на користь теорій струн. Основними об'єктами в цих теоріях є не елементарні частинки, що займають одну точку в просторі, а об'єкти, що мають довжину і що не мають інших вимірів, такі як нескінченно тонкі струни. У кожен момент часу частинка займає одну точку простору. Струна ж в кожен момент часу займає в просторі лінію.

Теорія струн з'явилася у кінці 1960-х рр. як спроба створити теорію, що описує сильну взаємодію. Ідея полягала в тому, що такі елементарні частинки, як протон і нейтрон, можна розглядати як хвилі, що поширюються по струні. Теорії струн є несуперечливими, тільки якщо простір-час має десять або двадцять шість вимірів замість звичайних чотирьох. Теорії струн також ведуть до нескінченності, але вважається, що усі вони взаємно скоротяться в таких версіях, як теорія гетеротичних струн.

Окрім питання про кількість вимірів простору-часу в теорії струн існує декілька інших проблем, які необхідно вирішити, щоб можна було вважати її остаточною єдиною фізичною теорією. Ми досі не знаємо, чи компенсує одна одну уся нескінченність і як зв'язати хвилі, що поширюються по струні, з конкретними типами спостережуваних елементарних частинок. Чи може насправді існувати єдина теорія всього? Чи ми ганяємося за примарою? Схоже, є три можливості:

- Повна єдина теорія дійсно існує, і коли-небудь ми її сформулюємо, якщо нам вистачить розуму.

- Ніякої універсальної теорії Всесвіту не існує, є лише нескінченна послідовність теорій, що описують Всесвіт все більш і більш точно.

- Ніякої теорії Всесвіту не існує. Події відбуваються випадковим, довільним чином і не можуть бути передбачені поза певними рамками.

Проте створюється враження, що гравітація може покласти межі цій послідовності "матрьошок". Якби існувала частинка з енергією, що перевищує так звану планківську енергію (10^{19} Гев), її маса була б настільки сконцентрована, що частинка відскла б себе від іншого Всесвіту і утворила крихітну чорну діру. Учені з Інституту гравітаційної фізики Суспільства Макса Планка (Німеччина) і Варшавського університету (Польща) розширили Стандартну модель фізики частинок, включивши в неї гравітацію. Нова теоретична побудова, яка може ви-

явитися остаточною теорією всього, передбачає існування частинок з незвичайними властивостями. Теорія властивості відомих елементарних частинок описується стандартною моделлю, яка підтверджується експериментально, але не може пояснити ряд фізичних явищ (наприклад, походження маси, осциляції нейтрино і походження темної маси). Крім того, стандартна модель описує електромагнітну, слабку і сильну взаємодію, але не включає гравітацію. Іншими словами, вона не узгоджується із загальною теорією відносності при розгляді таких явищ, як великий вибух або існування горизонту-подій чорної діри. Для вирішення цієї проблеми вчені запропонували різні гіпотетичні принципи, що відносяться до так званої нової фізики. Згідно з одним з них - суперсиметрії - кожній відомій елементарній частинці відповідає важчий по масі суперпартнер. Так, відомих бозонам відповідають гіпотетичні ферміони, а відомих ферміонам - бозони. При об'єднанні принципів загальної теорії відносності і суперсиметрії зникають деякі протиріччя, що виникають при спробі включення гравітації в квантову механіку. Таку фізичну теорію називають супергравітацією. На думку деяких учених, супергравітація є теорією всього, яка описує всі відомі фундаментальні взаємодії.

Теория всего. От сингулярности до бесконечности: происхождение и судьба Вселенной - читать онлайн. Автор: Стивен Хокинг. URL: http://loveread.ec/view_global.php?id=69676. Теория всего. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Теория_всего. Новая Теория всего: Физики предложили замену Стандартной модели. URL: <http://techno.bigmir.net/discovery/1605541-Novaja-Teorija-vsego--Fiziki-predlozhili-zamenu-Standartnoj-modeli>

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ MS POWER POINT ДЛЯ СТВОРЕННЯ АНІМАЦІЙЦІ ФІЗИЧНИХ ЯВИЩ ТА ПРОЦЕСІВ

Ст. І.В. Ісаїнков

Кер. І.В. Синельник

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»*

Метою цієї роботи було вивчення можливостей презентаційної програми MS Power Point для візуалізації фізичних процесів і явищ шляхом створення анімованих зображень.

Інструмент Анімація в програмі створення та демонстрації презентацій MS Power Point традиційно використовується для управління увагою слухачів під час лекції або доповіді.

Ефекти появи, виділення і видалення об'єктів зі слайдів дають можливість представляти інформацію поетапно, регулюючи таким чином послідовність її сприйняття. Для створення більш складних об'єктів, в тому числі для візуалізації процесів і явищ, як правило, використовують додаткові комп'ютерні програми - графічні редактори для створення gif-зображень, програми моделювання, в тому числі 3D, для імітації об'єктів і їх руху. Однак, починаючи з версії MS Power Point 2010 р., в програмі з'являються додаткові засоби для роботи з графічними об'єктивними тими, включаючи переміщення по складних траєкторіях в поєднанні з регулюванням часу руху, що відкриває перспективу створення в ній анімованих зображень фізичних процесів та явищ для лекційних демонстрацій.

Нами були ретельно вивчені основні засоби роботи з графічними об'єктами інструменту Анімація - «Вхід», «Виділення», «Вихід», «Шляхи переміщення» - їх параметри, створювані ефекти, можливості зміни в часі, і на цій основі розроблено комп'ютерні анімації фізичних явищ, що відносяться до різних розділів курсу фізики - механіка, термодинаміка і статистична фізика, електрика і магнетизм, оптика, квантова фізика. Таким чином, була продемонстрована можливість використання вбудованих інструментів презентаційної комп'ютерної програми для анімації фізичних процесів і явищ без залучення додаткових програм.

ВИВЧЕННЯ ФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МУЗИЧНИХ АКУСТИЧНИХ СИСТЕМ

Ст. Я.В. Меркулов

Кер. І.В. Синельник

Національний технічний університет «ХПІ»

В сучасному музичному мистецтві для відтворення звуку використовують окрім традиційних засобів – голос людини, музичні інструменти – ще й штучно створені електронні пристрої, зокрема акустичні системи.

Метою цієї роботи було встановлення зв'язку між технічними параметрами акустичних систем та характеристиками звуку, що створюється з їх допомогою.

Акустичні системи – це пристрої для відтворення звуку, кінцева ланка підсилювального тракту (джерело, підсилювач, акустична система), наприклад, гучномовець, сабвуфер, звукова колонка, студійний монітор, сценічний монітор. Технічними характеристиками акустичних систем є кількість полос (однополосна, багатополосна), акустичне оформлення, матеріал, з якого її виготовлено, чи є вона активною або пасивною, спосіб підключення та ін. Призначення акустичних систем відтворення якісного звуку. Звук – механічні коливання, які поширюються в пружному середовищі і сприймаються людиною за допомогою органів слуху. Якість звуку обумовлена його фізичними характеристиками – частотою, довжиною хвилі, швидкістю поширення, характером коливань, спектральним складом, гучністю, інтенсивністю.

Здатність акустичної системи відтворювати якісний звук визначається її фізичними характеристиками – діапазоном відтворюваних частот, амплітудно-частотною характеристикою, діаграмою спрямованості, чутливістю, опором, потужністю тощо.

В роботі було проаналізовано існуючі теоретичні та емпіричні дані щодо зв'язку між технічними параметрами акустичних систем, їх фізичними характеристиками і характеристиками звуку, що відтворюється з їх допомогою. Експериментально досліджено вплив акустичного оформлення на гучність звуку та його спрямованість.

Таким чином було з'ясовано, які саме технічні параметри акустичних систем обумовлюють ті чи інші характеристики музичного звуку, що утворюється з їх допомогою.

СЕКЦІЯ ІСТОРІЯ ФІЗИКИ



ІЗ ІСТОРІЇ КАФЕДРИ ФІЗИКИ НТУ «ХП»:

ПРОФ. М.І. САХАРОВ

Ст. Є. Кушніровський

Кер.: С.Д. Гапченко, С.С. Ткаченко

Національний технічний університет «ХП»

Кафедра фізики НТУ «ХП» була заснована у 1885 р. Протягом десятиріч нею керували видатні фізики, одним із яких був проф. М.І. Сахаров. Він був завідувачем кафедри фізики у 1923-1946 рр.

Михайло Іванович Сахаров народився у 1882 р. у селі Павлівське Воронежської губернії у сім'ї священика. У 1900 р. закінчив гімназію у Воронежі і вступив до Харківського університету. По закінченню університету він працював лаборантом фізичної лабораторії Харківського університету протягом 1904-1914 рр. У цей період активно займався дослідженнями короткохвильового електромагнітного випромінювання і люмінесценції. Значний час він приділяв удосконаленню методики викладання фізики. У 1908 р. він був командирований до лабораторії одного з найвидатніших фізиків сучасності – Вільгельма Ретгена. Набутий досвід було використано ним для удосконалення лекційних демонстрацій і лабораторних практикумів кафедри фізики. Професор Сахаров жив у бурхливі роки – роки Першої світової війни, Жовтневої революції, громадянської війни. В цей час він викладав фізику в різних навчальних закладах: вищих жіночих курсах, вищих педагогічних курсах у Харкові, Кримському Університеті у Сімферополі. Та найбільш плідні роки його діяльності пов'язані з Харковом. У 1921 р. М.І.Сахаров почав працювати на робітфаци (робітничий факультет) Харківського Технологічного інституту (ХТІ) (нині НТУ «ХП»). У 1923 р. він очолив кафедру фізики цього інституту. Завдяки його зусиллям була відновлена фізична лабораторія. У 1923-1928 рр. ним були видані лекції з фізики (механіка і молекулярна фізика, електрика і магнетизм). У 1930 р. на базі ХТІ було утворено 7 інститутів. Кафедра фізики теж була поділена за інститутами. На базі кафедри фізики були утворені кафедри фізики Харківського авіаційного і автодорожного інститутів. Проф. Сахаров М.І. очолив кафедру фізики Харківського електротехнічного інституту (ХЕТІ). Все обладнання було передане кафедрі фізики Харківського механіко-металургійного інституту

(ХММІ), тому кафедра фізики ХЕТІ починала своє існування з чистого листка. Проте колектив кафедри успішно впорався з надважкою задачею і створив зразкову фізичну лабораторію і лекційну аудиторію. Особлива увага приділялась лекційним демонстраціям. Лабораторні роботи велись фронтальним методом за методичними вказівками, які було розроблено на кафедрі. Всього у лабораторному практикумі було 55 лабораторних робіт. Коли у травні 1934 р. кафедру фізики відвідав відомий фізик Поль Ланжевен, то він був вражений високим рівнем лабораторних робіт, значна частина обладнання для яких було виготовлена за кресленням проф. Сахарова М.І.

Багату спадщину залишив проф. Сахаров в галузі методики викладання фізики. У 1936-1937 рр. ним було видано підручник з фізики, який було рекомендовано для всіх технічних вузів. Методичне надбання було оформлене у вигляді окремого видання «Методика викладання фізики у ХЕТІ». У 1935 проф. Сахаров редагує переклад книги М.Планка «Вступ до теорії тепла» на українську мову. У 1939-1941 рр. виходить із друку «Керівництво до практичних робіт у фізичній лабораторії». На кафедрі велась активна і плідна наукова робота. Проводились дослідження взаємодій швидких електронів із ядрами, процесів іонізації, температурної залежності теплопровідності провідників теплоти. Результати досліджень захищались у вигляді кандидатських дисертацій і знаходили практичне застосування у різних галузях господарства. Значна увага приділялась підвищенню наукового і науково-методичного рівня викладачів кафедри, а також залученню студентів до наукової роботи. На кафедрі функціонували студентські гуртки. У 1941 р. після початку війни частина кафедр інституту (обладнання і викладачі) була евакуйована. Але проф. Сахаров з деякими співробітниками (доц. Борисоглебський С.В., ас. Неговорова О.О.) залишилися в Харкові, бо частина обладнання кафедри фізики була перенесена до приміщення ХММІ, а частково обладнання було закопане у його дворі і потребувало нагляду. За врятування обладнання кафедри проф. Сахаров М.І. був нагороджений орденом «Знак Пошани»

Після звільнення Харкова викладачі, які залишилися у місті організували швидко відновлення навчального процесу на кафедрі фізики ХЕТІ. Вже в 1943-44 навчальному році лекції і лабораторні заняття проводилися у повному об'ємі. У 1946 р. проф. Сахаров М.І. помер, але його науковий і, головним чином, методичний доробок, визначили напрямки розвитку кафедри на багато десятиріч наперед.

СЛАВЕТНІ ІМЕНА: ОЛЕКСАНДР СМАКУЛА

Ст. В. Пірог

Кер. С.Д. Гапаченко

Національний технічний університет «ХПІ»

Багато українських фізиків належать до славної плеяди вчених, які визначили магістральні напрямки розвитку сучасної науки. До них безсумнівно належить один із найвидатніших фізиків ХХ ст. Олександр Теодорович Смакула. Народився він 9 вересня 1900 р. в селі Доброводи на Тернопільщині у сім'ї селян. У 1922 р. закінчив з відзнакою Тернопільську гімназію і по тому вступив до Геттінгенського університету в Німеччині. У 1927 р. склав докторський іспит і успішно захистив дисертацію на тему «Абсорбційні спектри лужно-галоїдних фосфорів, активованих металами – сріблом та міддю». У 1927-1928 рр. працював у Фізичному інституті під керівництвом Роберта Поля.

Тужачи за рідною землею, Смакула приїздить у 1928 р. до України і починає працювати в Одеському університеті. Проте, згодом у 1930 р. повертається до Німеччини на запрошення свого керівника Роберта Поля і починає працювати в Інституті медичних досліджень Кайзера Вільгельма в Гайдельбергу. Спектр його досліджень широченний: властивості стероїдів, вітамінів, органічних кристалів. Брав участь у синтезі вітамінів *F*, *B₂*, *D*. Він є фактично фундатором квантової органічної хімії. У 1934 р. Олександр Теодорович стає директором дослідчої лабораторії у всесвітньовідомій фірмі Карла Цейса в Єні. За рік праці Олександр Смакула здійснив епохальне відкриття, яке дістало назву «просвітлення оптики». Суть просвітлення оптики полягає у збільшенні прозорості деталей оптичних систем нанесенням на їхні поверхні тонкого шару діелектрика з показником заломлення меншим, ніж у матеріалі оптичної деталі. Працюючи в лабораторії він створює такі оптичні кристали, як фтористі літій та натрій, а також оригінальні мастила, придатні до використання за високих і низьких температур. Винаходить також універсальну сполуку – бром йодид талію, яка ще й сьогодні широко використовується у приладах нічного бачення.

Під час війни Смакула продовжує працювати у фірмі Карла Цейса разом з Ріхардом Куном. Наприкінці війни американська окупаційна влада вивозить вченого разом з іншими видатними фізиками і інженерами до Америки, де він працює у військовій лабораторії у шта-

ті Вірджинія, досліджуючи матеріали для інфрачервоної техніки у військових цілях.

У 1951 р. Смакулу запрошують на посаду професора Массачусеттського інституту технологій (MIT), в якому згодом він заснував і очолив лабораторію фізики кристалів. Тут він почав займатися найактуальнішими проблемами твердотільної електроніки, дослідженням технології і властивостей електрооптичних матеріалів і пристроїв, феромагнітних і п'єзоелектричних матеріалів, лазерів на рідкоземельних елементах, тонких плівок, нових нелінійних напівпровідникових кристалів, органічних та надпровідних структур. Він винайшов і запровадив оригінальні технології вирощування, очищення й дослідження кристалів, дослідив неоднорідності у мішаних кристалах та дефектах германію та кисню в монокристалах кремнію, дослідив зміни властивостей кристалів внаслідок впливу радіації та дефектів. Зокрема вивчаючи радіаційне забарвлення кристалів, вивів формулу для визначення концентрації поглинаючих центрів, яка нині відома як формула Смакули. Написав фундаментальну монографію «Монокристали: вирощування, виготовлення і застосування», яка вийшла в 1962 році в Берліні. Зазначимо також, що в MIT тоді працювали науковці світової слави, такі як творець кібернетики Норберт Вінер, творець математичної теорії пересилання інформації Клод Шеннон та багато інших. Сама наукова атомосфера сприяла розквіту творчих здібностей О. Смакули.

Олександр Смакула є автором понад 100 наукових праць, частина з яких надрукована українською мовою. Він став почесним членом Товариства Українських Інженерів в Америці (1964 р.), дійсним членом НТШ та інших наукових товариств. Видатний вчений ніколи не забував рідної України, підтримував тісні зв'язки з українцями американської діаспори, був дійсним членом наукового товариства Тараса Шевченка. Його єдиний приїзд відбувся 1972 року завдяки безпосередньому сприянню Президента Академії наук тодішнього Радянського Союзу академіка М. Келдиша. Це була остання зустріч з Батьківщиною, з рідними, друзями, земляками. Помер Олександр Теодорович Смакула 17 травня 1983 р. і був похований у родинному склепі в м. Обурн, штат Массачусеттс, США.

Увесь науковий світ під егідою ЮНЕСКО у 2000 р. відзначав 100-літній ювілей Олександра Смакули. В його рідному селі встановлено погруддя, а на базі середньої школи діє технічний ліцей його імені. Також створено фонд ім. О.Смакули, який надає допомогу молодим перспективним вченим.

НІЛЬС БОР - ФІЗИК І ФІЛОСОФ

Ст. І.О. Гудзоватий

Кер. Л.Г. Петренко

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»*

«Ідея геніальна лише в тому випадку, якщо вона містить сумашедішку»

Нільс Бор.

Нільс Хенрік Давид Бор - датський фізик, один з найвпливовіших вчених-фізиків ХХ століття. З ім'ям Нільса Бора пов'язана вся історія квантової механіки і сучасної ядерної фізики.

Народився Нільс Бор 7 жовтня 1885 року в Копенгагені. Його батько, Християн Бор, професор фізіології Копенгагенського університету, належав до тих людей, навколо яких було зосереджене інтелектуальне життя Копенгагена. Наукові досягнення Християна Бора були широко відомі у вчених колах. Він двічі ставав кандидатом на Нобелівську премію з фізіології і медицини. Мати Нільса, Еллен Адлер, була дочкою впливового банкіра Давида Баруха, засновника Копенгагенського комерційного банку. В щасливій родині Борів, крім Нільса, росли старша дочка Дженні і молодший син Харальд, що став згодом відомим математиком. Запорукою успішної кар'єри синів стали тяга до знань і працьовитість, які зумів передати їм батько.



Початкову освіту Нільс отримав в Гаммельхольмській школі. Він відмінно встигав з усіх предметів. Не ладилося в нього тільки з творами. У його роботах не було ні вступу, ні заключення, як того вимагали правила. Зазвичай твори Бора починалися з короткого огляду, після чого він відразу переходив до суті. У цьому був весь Бор. Його розум ніколи не працював за встановленою схемою.

Особливо яскраво здібності Нільса Бора проявилися в математиці і фізиці. І в 1903 р. він стає студентом Копенгагенського університету, де вивчає математику, фізику, астрономію і хімію. Перша наукова робота Нільса Бора була зроблена в студентські роки у віці 21 рік. Доповідь називалася «Визначення поверхневого натягу води методом коливання струменя». У 1906 р. за цю роботу він був нагороджений золотою медаллю Данського королівського суспільства. У 1907 р.

Нільс Бор закінчив університет. У 1908-1911 рр. Бор продовжив роботу в університеті. Його магістерська дисертація була присвячена вивченню тепло- і електропровідності металів, їх термоелектричним і магнітним властивостям. Після успішного захисту він відразу взявся за роботу над докторською дисертацією. Вона називалася «Аналіз електронної теорії металів». Її блискучий захист відбувся 13 травня 1911 р.

Отримавши стипендію від фонду Карлсберга, яка була призначена для стажування за кордоном, Нільс Бор в вересні 1911 р. відправився в Кембридж, щоб працювати під керівництвом відомого англійського фізика Джозефа Джона Томсона. Томсон був автором моделі атома, в якій атом представлявся як куля, всередині якої знаходилася позитивно заряджена речовина. А в цій речовині, як родзинки в булці, перебували негативно заряджені електрони. Нільс Бор не був згоден з деякими науковими уявленнями геніального Томсона, і їх спільна робота не відбулася.

Бор і атомна теорія.

У 1912 р. Бор переїхав до Манчестера, щоб працювати з Ернестом Резерфордом, який відкрив в 1911 р. наявність ядра в атомі і запропонував іншу, планетарну модель атома, в якій електрони оберталися навколо ядра, як планети навколо Сонця. Але модель атома Резерфорда не могла пояснити, чому електрон обертається навколо ядра і не падає на нього. Адже, обертаючись, він повинен був випромінювати електромагнітні хвилі, втрачати енергію і, врешті-решт, впасти на ядро. У 1913 р. Нільс Бор запропонував свою модель атома, за основу якої він взяв планетарну модель атома Резерфорда. Бор припустив, що електрони рухаються по стаціонарних орбітах, а випромінювання енергії відбувається тільки в момент, коли вони переходять з однієї стійкої орбіти на іншу. При цьому вся звільнена енергія виводиться одним квантом випромінювання. Бор поєднав модель Резерфорда з ідеєю квантів, яку вперше запропонував в 1900 р. Макс Планк. Так був покладений початок квантової теорії будови атома.

Повернувшись в Копенгаген, Бор продовжив викладання в університеті. В березні 1913 р. він опублікував статтю «Про будову атомів і молекул». У 1914 р. він отримав запрошення в Манчестерський університет, де почав читати лекції з математичної фізики. У 1916 р. Нільс Бор повернувся в Копенгаген і очолив кафедру теоретичної фізики в Копенгагенському університеті. У 1921 р. він сприяв відкриттю в Копенгагені Інституту теоретичної фізики, який до сьогоднішнього

дня носить ім'я свого першого керівника. У 1917 р. Бор стає членом данського королівського товариства. У 1921-1923 рр. Нільс Бор дав пояснення періодичної системи Менделєєва, представив схему заповнення електронних оболонок атомів. А в 1922 р. він став лауреатом Нобелівської премії «за заслуги у вивченні будови атома». У 1927 р. на міжнародному фізичному конгресі Бор виступив з доповіддю на тему «Квантовий постулат і новітній розвиток атомної теорії», в якому він сформулював один з найважливіших принципів квантової механіки - принцип додатковості. У 1930 р. Бор переорієнтував свій інститут на ядерну тематику. А в 1936 році він описав характер протікання ядерних реакцій. У 1939 р. Датське королівське товариство обрало Бора своїм президентом.

Боротьба проти атомної загрози.

Після приходу в Німеччині до влади нацистів Нільс Бор допомагав вченим-емігрантам, що перебралися в Копенгаген. У 1940 р. Данія була окупована німецькими військами. У 1941 р. Бора відвідав Гейзенберг, керівник нацистського атомного проекту, і запропонував вченому співпрацювати з нацистами. Від цієї співпраці Бор відмовився категорично. І в 1943 р. сили Опору переправили Бора спочатку до Швеції, а потім в Англію і США. Там Бор брав участь в роботі зі створення атомної бомби. Але вже в 1944 р. він усвідомив, наскільки небезпечна ця затія. Бор зустрічався з Черчіллем, намагався достукатися до Рузвельта. Він закликав заборонити використання атомної зброї, встановити міжнародний контроль над ним. У 1950 р. Нільс Бор написав відкритого листа ООН, наполягаючи на мирному співробітництві, закликав запобігти загрозі ядерної війни.

18 листопада 1962 р. Нільс Бор помер від серцевого нападу.

Бор був лауреатом багатьох міжнародних премій, членом провідних наукових товариств, почесним членом академій наук різних країн. Він мав наукові ступені Кембріджського, Манчестерського, Оксфордського, Единбурзького і Гарвардського університетів.

[1] Чуличков А. Нільс Бор. Физик и философ. Личности в истории. <https://history.wikireading.ru/314205>.

[2] Мигдал А.Б. Нильс Бор и квантовая физика. *Успехи физических наук (УФН)*, 1985, **147**. С. 303–342.

[3] Биография Нильса Хенрика Давида Бора - Biographera.net biographera.net/biography.php?id=215.

[4] Воскобойников В. Нильс Бор. Физика. Нобелевская премия. Журнал ПАРТНЕР <https://www.partner-inform.de/.../nils-bor-fizika-nobelevskaja-prem>.

ЕЛЕКТРОНІКА: ВІД ЛАМП ДО НАНОСТРУКТУР

Ст.: В.В. Денищенко, О.В. Погорілий

Кер. Ю.І. Под'ячий

Національний технічний університет "ХПІ"

Історія електроніки розпочалася всього півтора століття тому. Але за цей недовгий час вона невідомо змінила світ, в якому ми живемо. Завдяки електроніці і суміжним з нею наукам і галузям техніки індустріальна ера розвитку цивілізації перейшла в інформаційну. Розглянемо основні етапи становлення цієї науки.

Перша електровакуумна лампа була створена в 1883 році Томасом Едісоном під час експериментів з лампою розжарювання. Вона складалась з двох електродів – анода і катода. Це був перший електровакуумний діод. Для керування потоком електронів в балоні лампи між катодом і анодом почали поміщати металеві сітки, змінюючи електричний потенціал яких можна змінювати величину струму, що протікає через лампу.

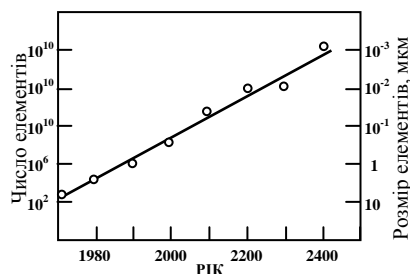
До початку п'ятдесятих років XX століття електровакуумні лампи застосовувалися практично у всіх областях електроніки і радіотехніки. Без них неможливо було уявити собі радіозв'язок, системи керування промисловими процесами і, звичайно ж, перші обчислювальні машини. В деяких галузях і сьогодні неможливо обходитися без них, тому що вакуумна лампа дозволяє окремим приладам працювати за заданими параметрами в заданому середовищі, забезпечуючи необхідні параметри. До природних недоліків ламп можна віднести значні масогабаритні параметри, відносно невеликий ККД, значне споживання електричної енергії, невелику швидкість дії. Лінійні розміри ламп становлять кілька сантиметрів, тому лампову електроніку можна назвати *сантиметровою*.

Одним із найбільш значних подій XX століття слід вважати винахід транзистора – напівпровідникового приладу, здатного керувати електричним струмом. Перший працездатний транзистор з'явився на світ у 1947 році, завдяки роботам співробітників американської фірми Bell Telephone Laboratories У. Шоклі, Д. Бардіна і У. Брайтена. В 1956 році за цей винахід всі вони були удостоєні нобелівської премії з фізики. За будовою та принципом дії, транзистори поділяють на два великі класи: біполярні й польові транзистори. У створенні струму біполярних транзисторів беруть участь два типи носіїв заряду — нега-

тивні (електрони) та позитивні (дірки); струм польових транзисторів створюється носіями одного типу і керується електричними полями, тому їх називають уніполярними або польовими.

Переваги транзисторів у порівнянні з електронними лампами – значно менше споживання енергії і, як наслідок, високий ККД, малі розміри і маса, висока надійність і термін служби, висока швидкість дії, здатність працювати при незначних напругах. Основним їх недоліком є залежність параметрів від температури і проникаючого випромінювання. Розміри транзисторів – кілька міліметрів, тому транзисторну електроніку можна називати *міліметровою*. Револьюційним етапом розвитку електроніки є так звані інтегральні схеми. Перша ІС синтезована в 1958 році Джеком Кілбі та Робертом Нойсом. В такій схемі в нероздільному кристалі напівпровідника створюється закінчений електронний пристрій, що заключає в собі безліч елементів – транзисторів, резисторів, конденсаторів тощо. Характерні розміри елементів становлять одиниці-десятки мікрометрів (мкм), тому інтегральну електроніку називають *мікроелектронікою*.

Можна виділити три етапи розвитку мікроелектроніки. Перший етап відноситься до середини 60-х років; характеризується розробкою мікросхем зі ступенем інтеграції 10-100 елементів/кристал та розміром елементів порядку 100 мкм. Другий етап відноситься до другої половини 60-х років та першої половини 70-х. Кількість елементів становить 100-10 000 на кристал, а розмір елементів зменшується до 100-3 мкм. Третій етап почався в другій половині 70-х років; кількість елементів на кристалі



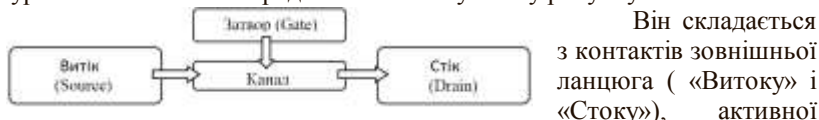
налічувала 10^4 - 10^6 з мінімальним розміром 1-0,1 мкм. Цей історичний процес описується законом Мура, який у 1965 році спрогнозував подвоєння кількості транзисторів на кристалі кожні 24 місяці. Цей прогноз більше 50 років є незаперечним правилом для всієї електронної індустрії.

Сьогодні неможливо уявити світ без мікроелектроніки. Вона є технологічною базою створення сучасних комп'ютерів, пристроїв бездротового зв'язку, широкого

спектру мікроконтролерів, систем штучного інтелекту і багато чого іншого. Наступним етапом розвитку електроніки є *наноелектроніка*. Прийнято вважати, що межа між елементами мікроелектронних і наноелектронних структур проводиться на розмірах $0,1 \text{ мкм} = 100 \text{ нм}$. З одного боку наноелектроніка є продукт еволюційного розвитку мікроелектронної технології згідно закону Мура. Але з іншого боку при масштабах десятків нанометрів характерні розміри елементів зрівнюються з деякими фізичними розмірами – довжиною екранування, довжиною вільного пробігу електрона в напівпровідниковому кристалі, довжиною хвилі де Бройля. Це передбачає появу нових фізичних ефектів і фундаментальних обмежень на роботу таких приладів.

Наприклад, довжина вільного пробігу електрона в кремнії при кімнатній температурі становить приблизно 10 нм. Якщо довжину каналу транзистора можна порівняти з цією величиною, то електрон проходить по каналу без зіткнень, тобто без втрати енергії (такий процес називається балістичним перенесенням). Така система стає консервативною, і для її опису необхідні закономірності квантової фізики. Для опису мікроскопічних систем досить рівнянь класичної фізики. В цьому і проявляється особливість наноелектроніки у порівнянні з мікроелектронікою.

Цифрова техніка може бути побудована на основі елементів, що здатні модулювати струм у зовнішньому ланцюгу. Принципова структура такого елемента представлена наступному рисунку.



області («Каналу») і керуючого електрода («Затвора»). Саме таку структуру має МОП транзистор – основний елемент сучасної цифрової техніки. В принципі, роль активної області («каналу») може грати не тільки інверсійний шар в кремнієвій підкладці, а й квантова точка, вуглецева нанотрубка або навіть окрема органічна молекула. Це і є основний структурний елемент наноелектроніки. Її фізична теорія є основою теорії наноелектронних структур.

1. Готра З.Ю., Лопатинський І.Є., Лукіянець Б.А. Фізичні основи електронної техніки. Львів, 2004. 880 с.
2. Игнатов А.Н. Нанозлектроника. Состояние и перспективы развития. Москва, 2012. 360 с.
3. Зебрев Г.И. Физические основы кремниевой нанозлектроники. Москва, 2008. 288 с.
4. Борисенко В.Е. Нанозлектроника: теория и практика. Москва, 2009. 366 с.

МАГНІТНЕ ПОЛЕ ЗЕМЛІ

Ст.: К.І. Толочко, Д.І. Толочко

Кер. Т.М. Шелест

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»*

Магнітне поле Землі – це область навколо нашої планети, де діють магнітні сили. Землю можна розглядати як магнітний диполь. Його південний полюс знаходиться на географічному Північному полюсі, а північний, відповідно, на Південному. У навколишньому космічному просторі магнітне поле Землі утворює магнітосферу.

Хоча магніти і магнетизм були відомі набагато раніше, вивчення магнітного поля почалося в 1269 році, коли французький вчений Петро Перегрін (лицар П'єр з Мерикура) зазначив магнітне поле на поверхні сферичного магніту, застосовуючи сталеві голки, і визначив, що отримані лінії магнітного поля перетиналися в двох точках, які він назвав «полюсами» за аналогією з полюсами Землі. Майже три століття потому, Вільям Гільберт Колчестер використовував працю Петра Перегріна і вперше виразно заявив, що сама Земля є магнітом. Опублікована в 1600 році, робота Гілберта «De Magnete», заклала основи магнетизму як науки. Вчені довгі роки ламали голову над причинами виникнення магнітного поля Землі. Відповідь на це питання було отримано зовсім недавно. Виявилося, що для утворення магнітного поля необхідні певні умови. У минулому столітті різними вченими було висунуто кілька припущень про те, як утворюється магнітне поле Землі. Згідно одному з них, поле з'являється в результаті обертання планети навколо своєї осі. Вона заснована на цікавому ефекті Барнета-Енштейна, який полягає в тому, що при обертанні будь-якого тіла виникає магнітне поле. Атоми в цьому ефекті мають власний магнітний момент, так як обертаються навколо своєї осі. Так з'являється магнітне поле Землі. Однак ця гіпотеза не витримала експериментальних перевірок. Виявилося, що магнітне поле, отримане таким нетривіальним чином, у кілька мільйонів разів слабкіше реального.

Однак більшість дослідників сходяться в тому, що наявністю магнітного поля Земля хоча б частково зобов'язана своєму ядру. Земне ядро складається з твердої внутрішньої і рідкої зовнішньої частин. Обертання Землі створює в рідкому ядрі постійні течії. Як відомо, рух електричних зарядів призводить до появи навколо них магнітного поля.

Не останню роль у формуванні магнітного поля Землі грає і сонячний вітер – потік заряджених частинок, в основному протонів і електронів, що йдуть від Сонця. Частинки утворюють сонячний вітер, захоплюються верхніми шарами атмосфери в бік обертання Землі. У 1958 році був відкритий радіаційний пояс Землі. Це величезна зона в космосі, що охоплює Землю в області екватора. У радіаційному поясі основними носіями зарядів є електрони. Рух частинок сонячного вітру, захоплюючися круговим рухом Землі, породжує електромагнітне "вихрове" поле.

Магнітне поле Землі поширюється в навколосеземному просторі на висоту понад 58 тисяч кілометрів. За формою магнітосфера нагадує каверну і довгий хвіст. Магнітне поле в напрямку сонця сягає на відстань 10 земних радіусів, а хвіст магнітосфери простягається за орбіту Місяця.

Магнітні полюси Землі непостійні. Періодично вони міняються місцями. Не так давно дослідники встановили, що Земля "пам'ятає" про зміну полюсів. Аналіз таких "спогадів" показав, що за останні 160 мільйонів років магнітні північ і південь мінялися місцями близько 100 разів. Останній раз ця подія відбулася близько 720 тисяч років тому.

Зміна полюсів супроводжується зміною конфігурації магнітного поля. Під час "перехідного періоду" на Землю проникає значно більше космічних частинок, небезпечних для живих організмів. Одна з гіпотез, що пояснюють зникнення динозаврів, стверджує, що гігантські рептилії вимерли саме під час чергової зміни полюсів.

Магнітне поле захищає мешканців Землі і штучні супутники від згубного впливу космічних частинок. До таких часток відносяться, наприклад, іонізовані (заряджені) частинки сонячного вітру. Магнітне поле змінює траєкторію їх руху, спрямовуючи частки уздовж ліній поля. Необхідність наявності магнітного поля для існування життя зводить коло потенційно населених планет (якщо ми виходимо з припущення, що гіпотетично можливі форми життя схожі на землян).

Незважаючи на те, що магнітне поле не можна побачити, мешканці Землі добре його відчувають. Перелітні птахи, наприклад, відшукують дорогу, орієнтуючись саме на нього. Крім птахів магнітне поле Землі замість GPS використовують морські черепахи. Крім перерахованих чудових властивостей магнітне поле сприяє появі полярних сяйв. Вони виникають в результаті різких змін поля, що відбуваються у віддалених регіонах Землі.

ЛІЗА МАЙТНЕР – МАТИ АТОМНОЇ БОМБИ

Ст. А.Д. Пахомова

Кер. С.С. Авотін

*Харківський національний аграрний університет
ім. В.В. Докучаєва*

17 листопада 2018 р. виповнилося 140 років від дня народження видатного австрійського вченого, Лізи Майтнер. «Я закохана в фізику і не уявляю собі життя без неї». Так в період Першої світової війни писала жінка-науковець Ліза Майтнер. З дитинства Лізі мріяла, всупереч тодішнім законам Австро-Угорщини, стати вченим. У 1901 році 23-річна Майтнер стає студенткою Віденського університету. Це було колосальне досягнення, оскільки «слабку стать» на гарматний постріл не допускали до студентській лави. У 1907 році володарка диплома кандидата наук Л. Майтнер в пошуках роботи вирушає до Берліна. Як і у Відні, вона зустрічає тільки відмови. «Амазонки науки не потрібні», - заявив засновник квантової теорії Макс Планк, дізнавшись про її намір зайнятися ядерною фізикою. І тільки випадок визначив подальшу долю Л. Майтнер. Тридцятирічна Ліза знайомиться з німецьким хіміком Отто Ганом. Його патрон Е. Фішер погоджується прийняти протекже свого підопічного, але за умови, що Ліза буде працювати в підвалі і ніколи не переступить поріг першого поверху інституту. Безкоштовна праця лаборантки, мало не цілодобові досліді з альфа-променями, нещодавно відкритими Е. Резерфордом, сигаретка, чорна кава і кусень хліба - ось все, що могла собі дозволити Л. Майтнер в ті роки. Вона завойовує визнання своїх колег-чоловіків: спільно з О. Ганом розробляє метод виділення продуктів альфа-розпаду.

У 1912 році Планк запропонував Майтнер місце свого асистента - так Ліза вперше отримала оплачувану посаду, ставши першою жінкою-помічником в Берлінському університеті.

У 1917 році вона вступає в наукове фізичне товариство кайзера Вільгельма (нині - Макса Планка). Тоді ж Майтнер очолює фізичний відділ Інституту хімії в Берліні, а через рік, разом з О. Ганом, відкриває елемент протактиній, який отримав 91-й номер в Періодичній системі елементів. Незважаючи на це, «вийти з підвалу» Майтнер було дозволено лише в 20-і роки XX століття! Вона викладає в Берлінському університеті, очолює власний інститут, стає професором.

У 1912 році Планк запропонував Майтнер місце свого асистента



– так Ліза вперше отримала оплачувану посаду, ставши першою жінкою-помічником в Берлінському університеті.

У 1917 році вона вступає в наукове фізичне товариство кайзера Вільгельма (нині - Макса Планка). Тоді ж Майтнер очолює фізичний відділ Інституту хімії

в Берліні, а через рік, разом з О. Ганом, відкриває елемент протактиній, який отримав 91-й номер в Періодичній системі елементів. Незважаючи на це, «вийти з підвалу» Майтнер було дозволено лише в 20-і роки ХХ століття! Вона викладає в Берлінському університеті, очолює власний інститут, стає професором.

У 1933 році до влади прийшов Гітлер, а 7 квітня вийшов закон, що не дозволяв євреям перебувати на державній службі. 6 вересня Майтнер поряд з 47 іншими викладачами звільняють з Берлінського університету, залишивши її, проте, як австрійську піддану, в Інституті кайзера Вільгельма. Тепер вона може зосередитися на наукових дослідженнях. Її праці виходять під псевдонімом, головне - робота. У 1938 році Австрія входить до складу гітлерівського рейху. З валізкою, з 13-ма рейхсмарками і діамантовим перснем, подарованим О. Ганом в пору їх молодості, вона біжить через Голландію до Швеції де починає працювати в Нобелівському інституті, де неодноразово висувалася здобувачкою премії Нобеля. Однак, коштів на проведення робіт їй не виділяють. А тим часом Отто Ган, продовжує працювати спільно з Фріцем Штрассманом. Коли у Гана виникли труднощі в дослідях з ураном, він звертається за допомогою до змарнілої до 47 кілограмів Лізи. Перевіряючи чистоту експерименту, вона разом зі своїм племінником, фізиком Р. Фришем, відкриває розподіл ядра під впливом нейтронів. Про своє відкриття Майтнер повідомляє єдиній людині - Гану. У січні 1939 р О. Ган опублікував дані по хімічному експерименту, а Майтнер разом з племінником Р. Фришем описала фізичне обґрунтування експерименту через місяць в журналі NATURE. *Ган ніколи б не*

повірів в розщеплення ядра, якби Мейтнер не переконали його в цьому. Через п'ять років в 1944р. О. Ган і Ф. Штрассман за цю роботу були удостоєні Нобелівської премії з хімії. До сих пір виникають питання про те, чому Лізи не виявилася в числі нобелівських лауреатів. У 1939 році фізик Ліза Мейтнер необережно бовкнула про можливість ланцюгової реакції, і з цього моменту почалася ланцюгова реакція ідей про створення бомби.

У 1943 р. Мейтнер запропонували престижну роботу в США

No. 3818. FEB. 11, 1939

NATURE

239

Letters to the Editor

The Editor does not hold himself responsible for opinions expressed by his correspondents. He cannot undertake to return, or to correspond with the writers of, rejected manuscripts intended for this or any other part of NATURE. No notice is taken of anonymous communications.

NOTES ON CONTRIBUTORS: SOME OF THIS WEEK'S LETTERS APPEAR ON P. 247.

CORRESPONDENTS ARE EXPECTED TO ATTACH SIMILAR SUMMARIES TO THEIR COMMUNICATIONS.

Disintegration of Uranium by Neutrons: a New Type of Nuclear Reaction

On bombarding uranium with neutrons, Fermi and collaborators found that at least four radioactive substances were produced, two of which atomic numbers larger than 92 were ascribed. Further investigations¹ demonstrated the existence of at least nine radioactive periods, six of which were assigned to elements beyond uranium, and nuclear fission had to be assumed in order to account for their chemical behaviour together with their genetic relations.

In making chemical assignments, it was always assumed that these substances belong to the same

that the surface tension of a charged droplet is diminished by its charge, and a rough estimate shows that the surface tension of nuclei, decreasing with increasing nuclear charge, may become zero for atomic numbers of the order of 100.

It seems therefore possible that the uranium nucleus has only small stability of form, and may, after neutron capture, divide itself into two nuclei of roughly equal size (the precise ratio of sizes depending on those structural factors and perhaps partly on chance). These two nuclei will repel each other and should gain a total kinetic energy of c. 200 Mev., as calculated from nuclear radius and charge. This amount of energy may actually be expected to be

Однак, від участі в створенні атомної бомби в Американському Лос-Аламосі відмовилася, заявивши «Я не буду робити бомбу». У 1946 р. «National Women's Press Club» (США) назвав Лізу Мейтнер «Жінкою року». У 1949 р. вона була нагороджена медаллю імені Макса Планка. А в 1960 р. О. Ган, Штрассман і Мейтнер отримали премію Енріко Фермі. У 1960 р вона переїхала в Кембридж, де померла 27 жовтня 1968 р. На її честь був названий 109 елемент таблиці Менделєєва - мейтнерій. Іменем Лізи Мейтнер назвали астероїд, кратери на Місяці і Венері. У Берліні є Інститут Гана-Мейтнер. На честь Лізи названа вулиця в Мюнхені. Відділення ядерної фізики Європейського фізичного товариства встановило премію Лізи Мейтнер, яку присуджують кожні два роки за видатні роботи в галузі експериментальної, теоретичної та прикладної ядерної фізики. Призи та премії імені Мейтнер засновані в Інституті фізики Університету Гумбольдта в Берліні, у віденському Технічному університеті.

ЕФЕКТ ДЖАНІБЕКОВА ТА КИТАЙСЬКА ДЗИГА

Ст. О.О. Компанєєць

Кер. С.С. Авотін

*Харківський національний аграрний університет
ім. В.В. Докучаєва*

Під час свого п'ятого польоту на космічному кораблі «Союз Т-13» та орбітальній станції «Салют-7» (6 червня - 26 вересень 1985 року) космонавт Володимир Джанібеков звернув увагу на ефект, що проявився у поведінці гайок «з вушками» (баранчиками), якими фіксувалися металеві стрічки, що закріплюють мішки для упаковки речей при транспортуванні вантажів в космос.

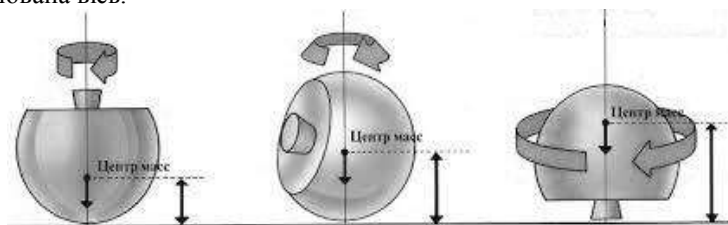


Розвантажуючи транспортний корабель, Володимир Джанібеков стукнув пальцем по одному вушку «баранчика». На його превеликий подив гайка, яка пролетіла після того близько 40 сантиметрів, несподівано перекинулася навколо своєї осі, після чого так само обертаючись полетіла далі. Пролетівши ще приблизно 40 сантиметрів, вона знову перекинулася. Заінтригований дивною поведінкою «баранчика», Джанібеков повторив експеримент з іншим «баранчиком» і пластиліновою кулькою. Результат був таким самим. «Ефект Джанібекова», стали уважно вивчати і з'ясували, що досліджувані об'єкти, що обертаються в невагомості, через певні проміжки часу здійснювали переворот на 180 градусів. При цьому, центр мас цих тіл продовжував рівномірний і прямолінійний рух, в повній відповідності з першим законом Ньютона, а напрямок обертання після «перекиду» залишався незмінним (як і має бути за законом збереження моменту імпульсу – $J \cdot \omega = const$). Виходило, що відносно зовнішнього світу тіло

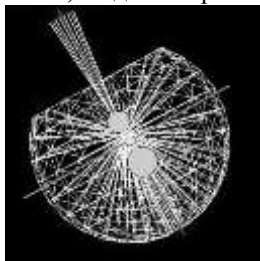
зберігає обертання навколо тієї ж осі (і в тому ж напрямку), в якому воно оберталося до перекиду, але "полюса" мінялися місцями! Для уявного спостерігача, що знаходиться на поверхні об'єкта відбувається свого роду **повна зміна полюсів!**

А раптом виявиться, що перекидається не тільки гайка, а й наша планета? Може, раз в 20 тисяч років, а може, і частіше ... Відповідно до гіпотези катастрофічного зсуву полюсів Землі, сформульованої в середині 20 століття Хью Брауном Земля переверталася і змінювала географічні полюси? "Причина" перекиду "- нерівномірне наростання льодової" шапки "на полюсах планети. Вчені порахували таке пояснення несерйозним.

Розберемося з фізикою перевороту. Китайська дзиґа (дзиґа Томсона) - це іграшка, в формі усіченого кулі, по центру зрізу якого розташована вісь.



При обертанні дзиґи перекидається на бік, продовжує перевертатися далі, поки не встане на вісь, на якій продовжує обертатися. Дзиґа здійснює роботу по підйому свого центру мас. Спроби дати математичне обґрунтування на основі законів класичної механіки не були достатньо переконливими. Але саме ця іграшка змушувала вчених шукати причини цього дивного руху. Коли був виявлений "ефект Джанібекова", згадали і про китайську дзиґу.



Спробуємо знайти пояснення "ефекту Джанібековим". Візьмемо модель китайської дзиґи. На рис. жовта точка - центр мас. Червона лінія - вісь обертання дзиґи. Синя лінія (іде зліва направо) позначає площину центру мас «ПЦМ», перпендикулярну осі обертання дзиґи. Ця площина розділяє дзиґу на дві половини - сферичну (нижню) і зрізану (верхню). Світло-блакитні кола - символічне позначення

кінетичної енергії обертання верхньої і нижньої частин дзиги. Костянтин Захаров («Зрушення полюсів Землі», www.tart-aria.info, 15.08.2017) провів грубу оцінку різниці в кінетичної енергії верхньої і нижньої половинок пластмасового дзиги - вийшло близько 3%. Це пов'язано з тим, що моменти інерції різні. Енергетична "гантель" з різними за потужністю "грузиками" на кінцях (на схемі - світло-блакитні кола) створює деяку **незбалансованість**.

Асиметрія "гантелі" в одному напрямку по осі обертання після перевероту компенсується асиметрією в іншому напрямку вздовж тієї ж осі - тіло, що обертається поміщає більш потужний "грузик" енергетичної "гантелі" то по один, то по інший бік від центру мас. Ефект з'являється тільки у тих тіл, що обертаються, у яких є різниця між моментами інерції двох частин - умовно "верхньої" і "нижньої", розділених площиною, що проходить через центр мас і перпендикулярній осі обертання.

Тривалість періоду між "перекидами" визначає різниця між кінетичними енергіями "верхньої" і "нижньої" половинок об'єкта. Чим більше різниця енергій, тим коротший період між переверотами тіла. Якщо різниця дуже маленька, то таке тіло буде стабільно обертатися дуже довго. Планети, в тому числі Земля, не є ідеальними геометричними сферами, що складаються з ідеально однорідної речовини. Момент інерції умовних "верхньої" або "нижньої" половинок планети, нехай навіть в сотих чи тисячних частках відсотка, відрізняються. Це означає, що "перевероти Землі" цілком реальне фізичне явище. Потрібно врахувати один дуже важливий фактор, який відрізняє Землю від дзиги і гайки Джанібєкова. Цей фактор - вода. Вода не має міцного зв'язку з поверхнею. Тому, згідно з відомими законами збереження імпульсу і моменту імпульсу, вона буде намагатися зберегти той напрямок руху, який був до "перекиду". Що це означає? А це значить, що всі океани, всі моря, всі озера прийдуть в рух. Протягом процесу зміни полюсів, на водні масиви, в якій би точці земної кулі вони не знаходилися, майже завжди будуть діяти дві інерційні компоненти:

1. Перша компонента, безпосередньо пов'язана з рухом планети по траєкторії "перекиду". Земна твердь буде рухатися, а вода буде намагатися залишитися в первісному положенні.

2. Друга компонента, виникає через те, що положення точки поверхні змінюється щодо полюсів і, як наслідок, змінюється широта, на якій вона розташована. Через різницю лінійних швидкостей води і твердої поверхні Землі (літосфери), виникає ефект цунамі.

ФІЗИКА НА КУХНІ. ФРАНЦУЗЬКИЙ ПАРАДОКС

Ст. А.М. Рєвякін

Кер. С.С. Авотін

Харківський національний аграрний
університет ім. В.В. Докучаєва

Відомо, що зі збільшенням споживання жирів (холестерину) зростає смертність від серцево-судинних захворювань. На рис. представлена залежність смертності від серцево-судинних захворювань для різних країн світу в залежності від середнього споживання населенням жирів тваринного походження (у калоріях на добу).

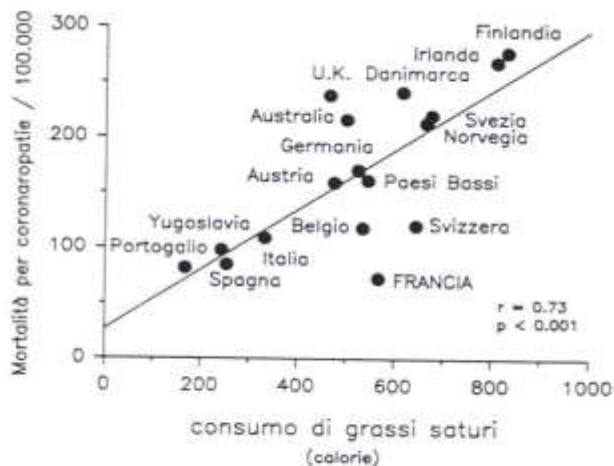


Fig. 2 - Relazione fra "morte coronarica" e consumo di lipidi di origine animale (calorie). Da Renaud S. et Al., *The Lancet* 1992, 339, 1523-26.

Можна побачити, що французи вживають жирної їжі більше ніж англійці, а від інфарктів помирає майже в чотири рази менше.

Ці дані були отримані в рамках проекту MONICA всесвітньої організації охорони здоров'я та в 1992 році опубліковані в журналі "The Lancet". Ще раніше з ними ознайомився провідний американський телеканал CBS, який вже в 1991 році оприлюднив їх під гучним ім'ям "французького парадоксу". Ця аномалія була приписана регулярному вживанню французами помітної кількості червоного вина, що

особливо характерно для провінції Бордо. Наступні наукові дослідження в інших зонах виробництва червоного вина дозволили зробити однозначний висновок: "споживання червоного вина призводить до помітного зниження ризику серцево-судинних захворювань".

З якої причини? На це питання було складно дати відповідь. Справа в тому, що червоне вино містить в собі близько 2000 різних речовин: різні кислоти, феноли, ваніль і сліди майже всіх відомих мінералів. Особливий інтерес у вчених викликали поліфеноли (що містяться в червоному вині в кількості близько 1 г/л.) та фітоалексин (присутній в виноградній шкірці). У фітоалексині зокрема було виявлено речовину трансрезвератрол, яка має сильну протидію окисну дію і протидіє старінню клітин мозку. Подальші дослідження показали, що поліфеноли оказують дію на ліпо-протеїни, зменшують негативний вплив головного винуватця серцево-судинних захворювань ендотеліну-1, запобігають формуванню «бляшок» на стінках судин. Не будемо заглиблюватися в медичну термінологію.

Користуючись методами обробки фізичного експерименту, можна оцінити норму денного споживання червоного вина, що може приносити користь для здоров'я. Якщо припустити, що ймовірність серцево-судинних захворювань зменшується зі споживанням червоного вина за експоненціальним законом, що часто зустрічається в природі:

$$I = I_0 e^{-b_i/b_i},$$

де I_0 – ймовірність захворювання для людини, яка не п'є вино (наприклад, англійця см. рис.), а b_i – норма щоденного споживання в досліджуваній області. У Франції ця величина складає пару стаканів червоного вина в день. Але ж захоплюватися винною профілактикою інфаркту не слід: споживання алкоголю в помітних кількостях призводить до тяжких недугів, наприклад такого, як цироз печінки. Про нього простіше судити за споживанням горілки: зрозуміло, що ті ж дві склянки в день не вина, а горілки, що вживаються регулярно, глибоко позначаються на здоров'ї і помітно (в рази) збільшують ймовірність цирозу печінки в порівнянні з непитущим чоловіком. Фактор ризику можна також промодельовати експоненціальною функцією, але на противагу першій – зростаючій:

$$C = C_0 e^{+b/b_i},$$

де C_0 – ймовірність виникнення цирозу у непитушого, а константу b_c приймемо за два склянки горілки, що, в простому перерахуванні за змістом спирту, еквівалентно шести склянкам вина на добу. Таке денне споживання вина не є фантазією. Наприклад, в замку міста Гайдельберга досі збереглася найбільша бочка в світі, з якої, за допомогою спеціальної системи ручних насосів, вино подавалося в великий обідній зал. Середнє споживання вина на мешканця замку включаючи дітей, людей похилого віку і вільних становило 2 літри в день. Придворний блазень, карлик Перкі, регулярно випивав дванадцять пляшок в день. При цьому помер він не від цирозу, а від дизентерії, якою заразився випивши, через програний спір, склянку погано очищеної води. Складаючи ймовірності обох захворювань знаходимо:

$$W = I_0 e^{-b/b_i} + C_0 e^{+b/b_c}.$$

Оптимальне споживання вина реалізується при мінімумі сумарної ймовірності врахованих захворювань. Обчислюючи і прирівнюючи до нуля похідну:

$$\frac{dW}{db} = -\frac{b}{b_i} I_0 e^{-b/b_i} + \frac{b}{b_c} C_0 e^{+b/b_c} = 0$$

знаходимо, що відповідна кількість вина визначається виразом:

$$\frac{b}{b_i} = 0,75 \left(1,1 + \ln \frac{I_0}{C_0} \right) = 0,77 + 0,75 \ln \frac{I_0}{C_0}.$$

Припускаючи ймовірності цирозу і інфаркту для непитущої людини однаковими (немає точних даних) бачимо, що оптимальною кількістю денного споживання є 1.5 склянки, або близько трьохсот грамів червоного вина в день. Це і є та кількість, яку зазвичай випивають селяни в Тоскані за обідом і вечерею.

За матеріалами лекції доктора фізико-математичних наук, професора університету «Тор Вергата» (Рим), провідного наукового співробітника Інституту надпровідності і інноваційних матеріалів Національної Ради з питань науки (Італія), провідного наукового співробітника лабораторії «Сверхпровідні метаматеріали» в НІТУ МІС-СІС (Москва) Андрія Андрійовича Варламова.

ДЛЯ НОТАТКІВ

Наукове видання

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ФІЗИКИ ТА ЇЇ ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Матеріали

XIX регіональної наукової студентської конференції

(17-18 квітня 2019 року)

Відповідальний за випуск проф. О.А. Любченко

В авторській редакції

Підп. до друку 27.03 2019 р. Формат 60х84 1/16 Папір офісний.
Riso-друк. Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 6,7. Наклад 100 прим. Зам.
№163 Безкоштовно. Ціна договірна.

Видавничий центр НТУ “ХПІ”.
Свідоцтво ДК № 116 від 10.07.2000 р.
61002, Харків, вул. Кирпичова 2

Друкарня НТУ “ХПІ”, 61002, Харків, вул. Кирпичова 2